



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



**OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost**

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1

Šablona: Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Název: Spoje a spojovací součásti

Téma: Pružiny - výpočet

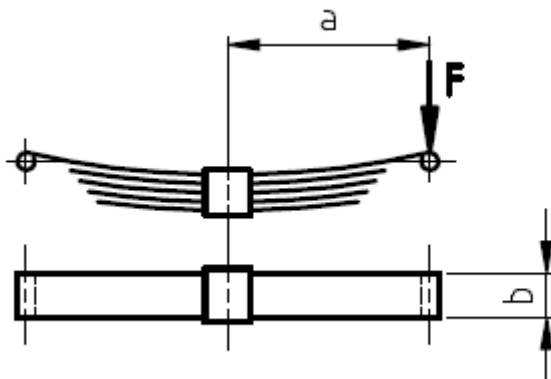
Autor: Ing. Magdalena Svobodová

Číslo: VY_32_INOVACE_13 – 20

Anotace: *Výpočet pružin namáhaných ohybem a krutem. Diagram pružiny Zjednodušený výpočet silentbloků. DUM je určen pro studenty druhého ročníku strojírenských oborů. Vytvořeno: listopad 2012*

Pružiny namáhané ohybem

Svazek pružnic



a	rameno síly
b	šířka pružnic
h	tloušťka pružnic
i	počet pružnic
y	průhyb pružiny
F	zatěžující síla
E	modul pružnosti v tahu
J	kvadratický moment průřezu
$M_{o\max}$	maximální ohybový moment
W_o	modul průřezu pružnice v ohybu
σ_{DO}	dovolené napětí v ohybu

$$M_{o\max} = F \cdot a \quad W_o = \frac{i \cdot b \cdot h^2}{6}$$

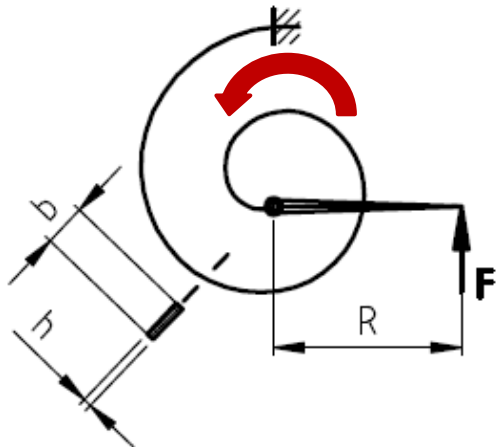
$$\sigma_o = \frac{M_{o\max}}{W_o} = \frac{6 \cdot F \cdot a}{i \cdot b \cdot h^2} \leq \sigma_{DO} \quad i \geq \frac{6 \cdot F \cdot a}{b \cdot h^2 \cdot \sigma_{DO}}$$

Průhyb pružiny

$$y = \frac{F \cdot a^3}{2 \cdot E \cdot J} = \frac{6 \cdot F \cdot a^3}{i \cdot E \cdot b \cdot h^3}$$

Pružiny namáhané ohybem

Spirálová pružina



b	šířka pružiny
h	tloušťka pružiny
l	délka rozvinuté pružiny
R	délka ramene působící síly
F	zatěžující síla
E	modul pružnosti v tahu
J	kvadratický moment průřezu
$M_{o\max}$	maximální ohybový moment
W_o	modul průřezu pružiny v ohybu
σ_{DO}	dovolené napětí v ohybu
φ	úhel pootočení

$$M_{o\max} = F \cdot R \quad W_o = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$\sigma_o = \frac{M_{o\max}}{W_o} = \frac{6 \cdot F \cdot R}{b \cdot h^2} \leq \sigma_{DO} \quad F = \frac{b \cdot h^2 \cdot \sigma_{DO}}{6 \cdot R}$$

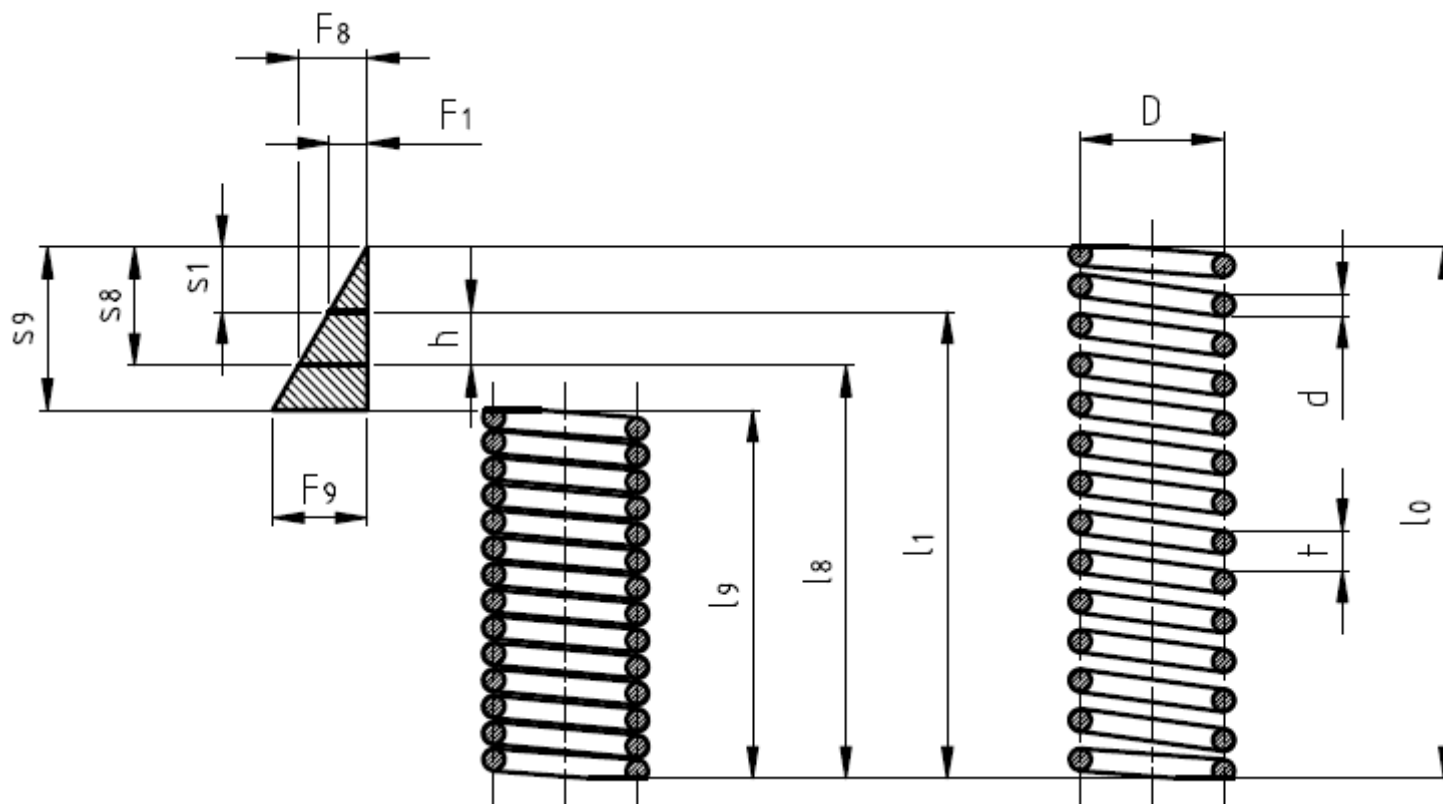
Dráha a úhel

$$s = R \cdot \varphi = \frac{F \cdot l \cdot R^2}{E \cdot J} = \frac{12 \cdot F \cdot l \cdot R^2}{E \cdot b \cdot h^3} = \frac{2 \cdot R \cdot l \cdot \sigma_{DO}}{E \cdot h} \quad \varphi = \frac{F \cdot l \cdot R}{E \cdot J} = \frac{12 \cdot F \cdot l \cdot R}{E \cdot b \cdot h^3} = \frac{2 \cdot l \cdot \sigma_{DO}}{E \cdot h}$$

Pružiny namáhané krutem

Šroubovitá pružina tlačná a tažná

Namáhání pružiny a její diagram. Na obrázku je šroubovitá pružina tlačná.



Pružiny namáhané krutem

Šroubovitá pružina tlačná

- značky a základní názvosloví

d	průměr drátu pružiny
d_t	předběžný průměr drátu
h	pracovní zdvih
C	tuhost pružiny
G	modul pružnosti materiálu pružiny ve smyku
L	délka drátu rozvinuté pružiny
D	střední průměr pružiny
K	korekční součinitel zohledňující přidavný ohyb
F_1	síla vyvinutá pružinou ve stavu předpruženém
F_8	síla vyvinutá pružinou ve stavu plně zatíženém
F_9	síla vyvinutá pružinou ve stavu mezním
l_0	délka pružiny ve stavu volném
l_1	délka pružiny ve stavu předpruženém
l_8	délka pružiny ve stavu plně zatíženém
l_9	délka pružiny ve stavu mezním
s_1	stlačení ve stavu předpruženém
s_8	stlačení ve stavu plně zatíženém
s_9	stlačení ve stavu mezním



Výpočet i základní názvosloví pro pružinu tažnou je shodné s tlačnou pružinou.

Tuhost pružiny

$$C = \frac{F_1}{s_1} = \frac{F_8}{s_8} = \frac{F_8 - F_1}{h}$$

Pružiny namáhané krutem

Šroubovitá pružina tlačná

Předběžný průměr drátu pružiny se vypočítá z pevnostní podmínky v krutu:

$$M_K = \frac{F_8 \cdot D}{2} \quad W_K = \frac{\pi \cdot d_t^3}{16}$$
$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K} = \frac{8 \cdot F_8 \cdot D}{\pi \cdot d_t^3} \leq \tau_8 \quad d_t = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot F_8 \cdot D}{\pi \cdot \tau_8}}$$



Někdy se předběžný průměr drátu počítá z rozdílu zatěžujících sil ve stavu plně zatíženém a předpruženém a stejném rozdílu napětí.

$$d_t = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot (F_8 - F_1) \cdot D}{\pi \cdot (\tau_8 - \tau_1)}}$$

Korekce průměru drátu pružiny s ohledem na přidavný ohyb:

$$d = d_t \cdot \sqrt[3]{K} \quad i = \frac{D}{d} \quad K = \frac{i + 0,2}{i - 1}$$

Celkový počet závitů, počet činných závitů:

$$n = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot C \cdot D^3} \quad z = n + n_z$$

n

počet činných závitů

z

celkový počet závitů

n_z

počet závěrných závitů

Pružiny namáhané krutem

Zkrutná (torzní) tyč

$$W_K = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad \text{Pro kruhový průřez}$$

$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K} = \frac{16 \cdot M_K}{\pi \cdot d^3} \leq \tau_{DK} \quad d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_K}{\pi \cdot \tau_{DK}}}$$

Poměrný úhel zkroucení a zkroucení na volném konci:

$$\vartheta = \frac{180^\circ \cdot 32 \cdot M_K}{\pi^2 \cdot d^4 \cdot G}$$

ϑ

poměrný úhel zkroucení

φ

úhel zkroucení na volném konci

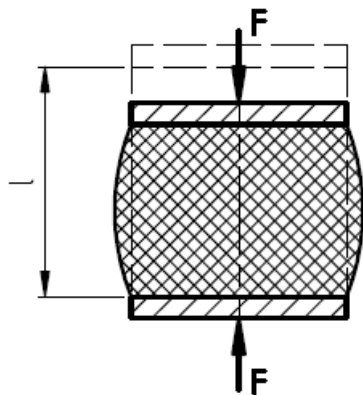
l

délka zkrutné tyče

$$\varphi = \vartheta \cdot l$$

Pryžové pružiny - silentbloky

Namáhané tlakem



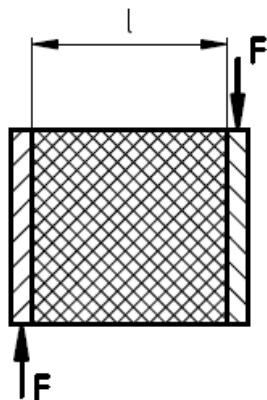
Pro obdélníkový průřez

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{F}{a \cdot b} \leq \sigma_{DOV}$$

Pro kruhový průřez

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq \sigma_{DOV}$$

Namáhané smykem



$$\tau_s = \frac{F}{S} = \frac{F}{h \cdot b} \leq \tau_{DOV}$$

h

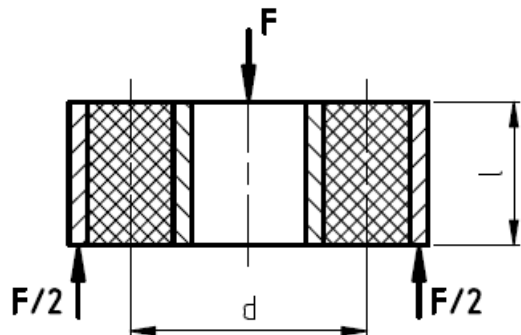
výška silentbloku

b

šířka silentbloku

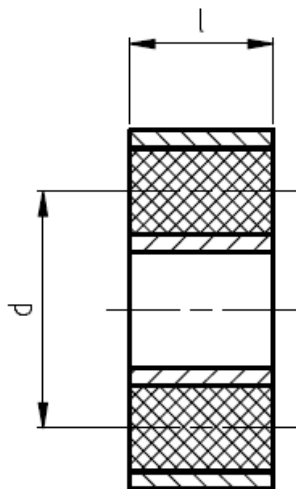
Pryžové pružiny - silentbloky

Namáhané smykem



$$\tau_s = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot l} \leq \tau_{SDOV}$$

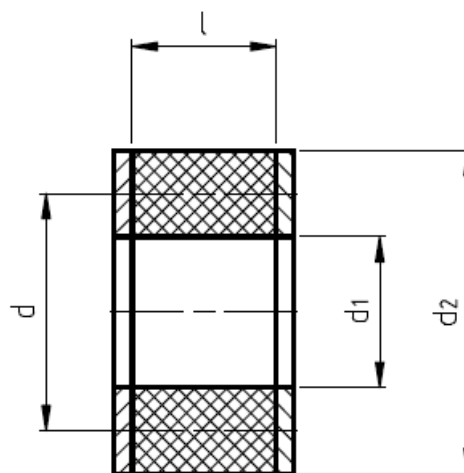
Namáhané krutem



$$\tau_K = \frac{2 \cdot M_K}{\pi \cdot l \cdot d^2} \leq \tau_{KDOV}$$

Pootočení

$$\varphi = \frac{M_K}{\pi \cdot l \cdot G}$$



$$\tau_K \cong \frac{5 \cdot M_K \cdot d}{d_2^4 - d_1^4} \leq \tau_{KDOV}$$

Pootočení

$$\varphi \cong \frac{10 \cdot M_K \cdot l}{G \cdot (d_2^4 - d_1^4)}$$

Kontrolní otázky

- ▶ Co je to tuhost pružiny a jak lze vypočítat?
- ▶ Nakreslete a popište diagram šroubovité pružiny tlačné.
- ▶ K přesnému utahování šroubů maximálním utahovacím momentem slouží momentový klíč. Určete jeho zkroucení na délce $l = 250\text{mm}$, průměr klíče je 12mm a $M_U = 110\text{ Nm}$.
- ▶ Nakreslete diagram pružiny, která má pracovní zdvih $h = 8\text{ mm}$, $s_1 = 10\text{ mm}$ a síla $F_1 = 15\text{ N}$. Určete sílu na konci pracovního zdvihu (F_8). Celková délka pružiny v nezatíženém stavu je 35 mm .

Použitá literatura

1. KŘÍŽ, Rudolf a kol. *Stavba a provoz strojů I: Části strojů*. SNTL - Nakladatelství technické literatury. Praha: SNTL, 1977. L13-C2-V-43f/25559.
2. SHIGLEY Joseph E., Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS. *Konstruování strojních součástí*. Vysoké učení technické v Brně. Brno: VUTIUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.
3. LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. Druhé, zcela přepracované vydání. Praha: Scientia, 1998. ISBN 80-7183-123-9.
4. DILLINGER, Josef a kol. *Moderní strojírenství: pro školu i praxi*. Vydání první. Praha: Europa-Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86706-19-1.
5. FISCHER, Ulrich, Roland GOMERINGER, Max HEINZLER, Roland KILGUS, Friedrich NÄHER, Stefan OESTERLE, Heinz PAETZOLD a Andreas STEPHAN. *Tabellenbuch Metall*. 44., neu bearbeitete Auflage. Haan-Gruiten: Europa Lehrmittel, 2008. ISBN 978-3-8085-1724-6.