

### 3. lekce

## Tenzometrické snímače pro statické měření sil

Obsah:

3.1 – Úvod	2
3.2 – Snímače jednoosého tahu a tlaku	2
3.3 – Snímače pro měření sil prostřednictvím ohybového namáhání	4

### 3.1 – Úvod

Prostřednictvím tenzometrických snímačů lze měřit takové fyzikální veličiny, které se projevují deformacemi materiálu. Deformující se poddajné těleso musí být navrženo tak, aby pro požadovaný rozsah měřené veličiny byl snímač optimálně citlivý a současně dostatečně tuhý. Tuhost snímače je zpravidla požadována proto, aby snímač svojí deformací neovlivnil měřenou veličinu. Optimální návrh snímače předpokládá realizaci výpočtu deformace měrného členu, který bude osazen tenzometry. Výpočet je možné provést metodami technické pružnosti, nebo prostřednictvím metody konečných prvků. Aplikace MKP je vhodná především u složitějších tvarů měrných členů. Měrné prvky, na nichž jsou instalovány tenzometry, mohou být namáhány tahem (tlakem), ohybem nebo krutem. Tímto namáháním snímačů se budeme zabývat v následující lekci. Namáhání prismatických tyčí jednoosým tahem resp. tlakem a ohybem dlouhých tenkých nosníků, bylo předmětem 1. a 2. lekce.

Přesnost měření je dána použitým typem tenzometru (drátkový resp. foliový, polovodičový), měrným poddajným členem, způsobem zavedení síly, přesností cejchování. Rozptyl modulu pružnosti a rozptyl k-faktorů instalovaných tenzometrů se eliminuje cejchováním. Pro měření za velkého teplotního rozsahu je nutné respektovat změny k-faktoru a modulu pružnosti poddajného měrného členu v závislost na změně teploty. Tento požadavek je možné splnit buď cejchováním při různých teplotách, nebo vhodnou teplotní kompenzací.

### 3.2 – Snímače jednoosého tahu a tlaku

Pro měření velkých sil je možné použít prismatických měrných členů zatížených tahem nebo tlakem. Parasitní vliv ohybu resp. teploty lze eliminovat vhodným zapojením instalovaných tenzometrů do měřícího můstku. Na obr.3.1 je uvedeno zapojení měřícího můstku s instalovanými tenzometry na prismatické tyči zatížené tahem. Pro jednoduchost, vyobrazená tyč má obdélníkový průřez o ploše  $S=b \cdot h$ . Zpravidla jsou však jako měrné členy užívány tyče válcového tvaru, buď plné nebo ve tvaru mezikružší. V případě tlakového zatížení se doporučuje poměr délky válcového měrného členu k jeho průměru přibližně 3/2. Na zmíněném obrázku uvedené celomůstkové zapojení dvou a dvou tenzometrů na protilehlých plochách tyče umožňuje jak teplotní kompenzaci, tak i kompenzaci parasitního ohybu. Vztahy platné pro uvedený typ tenzometrického snímače tahu resp. tlaku jsou následující:

- deformace 
$$e_1 = e_2 = \frac{F}{E \cdot S} = \frac{F}{E \cdot b \cdot t} , \quad (3.1)$$

$$e_3 = e_4 = -u \cdot e_1 , \quad (3.2)$$

- posuv ve směru síly F

$$u_F = \frac{F \cdot l_0}{E \cdot S} , \quad (3.3)$$

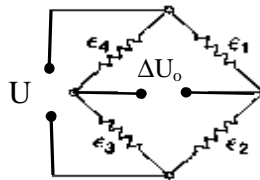
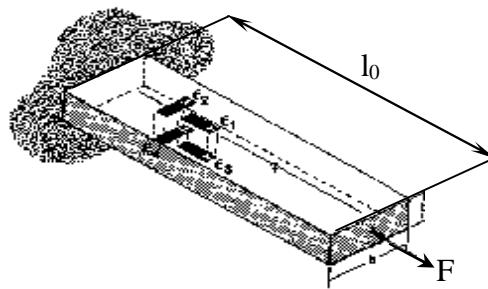
- změna vyvážení můstku

$$\frac{\Delta U_o}{U_i} = \frac{k_d \cdot e_1 (1+u)}{2 + k_d \cdot e_1 (1-u)} , \quad (3.4)$$

V předchozích vztazích značí:

- $\varepsilon_i$  : ( $i=1,2,3,4$ ) poměrná deformace v místě instalace  $i$ -tého tenzometru,
- $E$  : modul pružnosti materiálu měrného elementu,
- $\nu$  : Poissonovo číslo materiálu měrného elementu,
- $k_d$  : deformační součinitel užitých tenzometrů.

Rovnice (3.4) je odvozena z rovnic, které jsou uvedeny v 2. lekci. Při odvození se předpokládá, že instalované tenzometry mají stejný klidový odpor  $R$ . Uvedený snímač je kompenzován jak teplotně, tak i proti parazitnímu ohybu.



Obr. 3.1

### 3.3 – Snímače pro měření sil prostřednictvím ohybového namáhání

Pro měření menších sil je vhodné použití měrných členů namáhaných ohybem. Na obrázku 3.2 a 3.3 je uveden snímač s měrným elementem ve tvaru prismatického vetknutého nosníku. Vztahy platné pro zobrazené snímače jsou následující.

Půl můstek (obr.3.2):

- deformace 
$$e_1 = \frac{6F \cdot l}{E \cdot b \cdot h^2} , \quad e_2 = e_1 ,$$

- změna vyvážení můstku 
$$\frac{\Delta U_o}{U_i} = k_d \cdot \frac{e_1}{2} .$$

Celý můstek (obr.3.3)

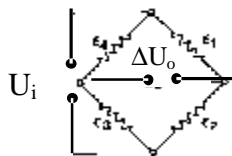
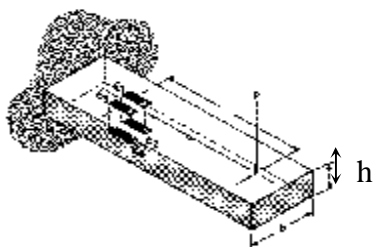
- deformace 
$$e_1 = e_3 = \frac{6F \cdot l}{E \cdot b \cdot h^2} , \quad e_2 = e_4 = -e_1 ,$$

- změna vyvážení můstku 
$$\frac{\Delta U_o}{U_i} = k_d \cdot e_1 .$$

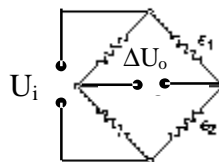
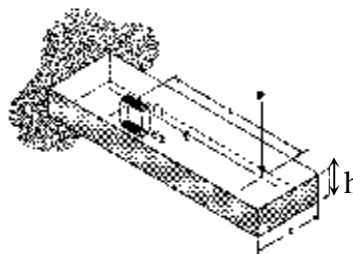
Pro obě zapojení platí:

- posuv ve směru síly F 
$$u_F = \frac{4F \cdot l^3}{E \cdot b \cdot h^2} .$$

V obou případech zapojení jsou teplotní vlivy kompenzovány a eliminován parazitní tah a tlak.



Obr. 3.2



Obr. 3.3