

## VYUŽITIE ANALYTICKY URČENÉHO SÚČINITEĽA DEFORMAČNEJ CITLIVOSTI PRI URČOVANÍ ROVINNEJ NAPÄTOSTI A OPTIMALIZÁCII VOĽBY VEĽKOSTI TENZOMET. SNÍMAČA

Ing. Viktor Jakubík, CSc  
ZTS VUHYM Dubnica nad Váhom

Odporové tenzometrické snímače nachádzajú uplatnenie v dvoch základných oblastiach. Pri experimentálnej analýze mechanickej napätosti, ktorá je určená z materiálových konštánt a deformácií zmeraných pomocou odporových tenzometrov a pri tvorení snímačov mechanických veličín, napr. sily, alebo tlaku, kde tenzometre uskutočňujú mechanicko - elektrickú transformáciu deformácie časti snímača spôsobenú meranou veličinou. Presnosť merania dosahovaná pri analýze napätostí je horšia, ako pri meraní mechanických veličín. Pri určovaní mechanického napätia je treba používať súčiniteľa deformačnej citlivosti  $k$ .

Súčiniteľ deformačnej citlivosti sa určuje štatistickým výberom a meraním na ocelovom nosníku pri jednoosovej napätosti. Pri meraní dvojosovej napätosti je súčiniteľ deformačnej citlivosti závislý na pomere priečnej a pozdĺžnej deformácie a pri neznalosti tohto pomeru nemôže byť presne určený. Citlivosť súčiniteľa deformačnej citlivosti na pomer priečnej a pozdĺžnej deformácie je výraznejšia so zmenšujúcou sa aktívnou dĺžkou odporového tenzometra.

Zmenu súčiniteľa deformačnej citlivosti je možné vyjadriť analyticky. Toto sa dá potom využiť pri použití malých výpočtových systémov vytvorených z mikropočítačov schopných koordinovať činnosť meracích prístrojov, vyhodnocovať výsledky, riadiť zber dát a priamo ich spracovávať.

Pri dnešnom stave výpočtovej techniky a metód spracovania veľkého množstva nameraných dát sa ukezuje zavedenie automatizácie do meracej techniky za reálne. Zavedenie

najnovších poznatkov z odboru automatizácie predstavuje podstatné zvýšenie efektívnosti, presnosti a rýchlosti rozsiahlych experimentálnych prác. Pri riešení tejto problematiky ide o tri na seba naväzujúce operácie

a/ získanie potrebných informácií o okamžitom stave sledovaných technických a fyzikálnych veličín vo vhodnom tvare elektrického signálu

b/ záznam

c/ spracovanie

Hlavným obmedzujúcim faktorom sú primárne zdroje informácií. Súčiniteľ deformačnej citlivosti a jeho závislosť na jednotlivých veličinách je primárnym zdrojom informácie o chovaní sa snímača pri daných pomeroch a jeho analytické definovanie je prínosom k poznaniu okamžitého stavu sledovaných veličín. Vzhľadom k tomu, že je možné analyticky určiť i presnosť jeho určenia je plne definovaný.

K ďalším výpočtom je vhodné súčiniteľa deformačnej citlivosti rozdeliť na súčiniteľa závislého na prierečnej a pozdĺžnej deformácii  $k_2$  a  $k_1$ . Aplikovaný odporový tenzometer má konštantnú hrúbku lepidla, s daným modulom pružnosti, danou hrúbkou meracieho drátu a poč. V závislosti na zmene prierečnej deformácie  $k$  pozdĺžnej sa však mení v priebehu namáhania  $k$ . Pre každý aplikovaný odporový tenzometer sú však hodnoty rozdielne. Obecné môžeme deformačného súčiniteľa vyjadriť ako funkciu  $k = (\lambda, \mu, \epsilon_y, \epsilon_s)$  kde  $\lambda$  je integračná konstanta a je definovaná závislosťou

$$\lambda = \sqrt{\frac{h d E_0 2(1 - \mu_k)}{E_k}}$$

$h$  - hrúbka nosiča s lepidlom

$d$  - priemer meracieho odporového drátu

$E_0$  - modul pružnosti meracieho odporového drátu

$\mu_k$  - modul pružnosti nosiča s lepidlom

$\mu_k$  - Poissonova konštanta nosiča s lepidlom

## Príklad 1/

Pri zmene hrúbky lepidla s nosičom u odporového tenzometra s dĺžkou  $l_M = 1 \text{ mm}$  je pre  $h = 0,02 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \text{a } E_{k_1} &= 0,59 \cdot 10^{10} \text{ Nm}^{-2} & \text{je } \lambda &= 15 \cdot 10^{-4} \text{ m} & k &= 1,79 \\ E_{k_2} &= 0,33 \cdot 10^{10} \text{ Nm}^{-2} & \lambda &= 20 \cdot 10^{-4} \text{ m} & k &= 1,585 \\ E_{k_3} &= 0,20 \cdot 10^{10} \text{ Nm}^{-2} & \lambda &= 25 \cdot 10^{-4} \text{ m} & k &= 1,485 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h = 0,03 \text{ mm} & \quad E_{k_1} = 0,59 \cdot 10^{10}; \lambda = 18 \cdot 10^{-4} \text{ m} & k = 1,47; \Delta k = 0,05 \\ h = 0,03 \text{ mm} & \quad E_{k_2} = 0,33 \cdot 10^{10}; \lambda = 24 \cdot 10^{-4} \text{ m} & k = 1,52; \Delta k = 0,06 \\ h = 0,03 \text{ mm} & \quad E_{k_3} = 0,2 \cdot 10^{10}; \lambda = 31 \cdot 10^{-4} \text{ m} & k = 1,30; \Delta k = 0,10 \end{aligned}$$

## Príklad 2/

Pri zmene pomeru deformácie priečnej k pozdĺžnej pre  $\lambda = 8,4 \cdot 10^{-5} \text{ m}$  a  $E_{3y}/E_B \approx 0,1$  na  $0,7$  sa pri dĺžke odporového tenzometra  $l_M = 1 \text{ mm}$  zmení  $k$  o  $\Delta k = 11,6 \%$

Pri meraní tvarových súčinná sa vyskytujú pomerne vysoké gradienty napätostí. Keďže tenzometer integruje napätosť z plochy na ktorej je pripevnený je vhodné voliť čo najmenšie dĺžky odporových tenzometrov. Tieto sú však veľmi citlivé na zmeny pomeru deformácii i zmenu hrúbky nosiča pre daný konkrétny prípad. Čiže potrebovali by sme voliť väčšiu dĺžku tenzometra. Avšak vzhľadom k tomu, že máme analyticky definované závislosti súčiniteľa deformačnej citlivosti môžeme ísť na minimálne dĺžky  $l_{M \min}$  a presnosť merania získame podľa splnených požiadaviek merania konštant aplikovaného odporového tenzometra. Rozhodujúcou veličinou je v tomto prípade presnosť nalepenia odp. tenzometra a hrúbka nosiča pri optimalizácii veľkosti a modul pružnosti nosiča.

Vyhodnocovanie tenzometrických meraní pri dvojsovej napätosti. Správnosť vyhodnocovania je závislá i na zahrnutí vlivu priečnej citlivosti odporových tenzometrov do výpočtu, pretože jej nerešpektovanie vedie k sústavným chybám,

ktoré nemusia byť zanedbateľné.

Výpočet dvojsovej napätosti je daný výrazom /3/

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\mu^2} (\epsilon_x + \mu \epsilon_y)$$

Zmerané deformácie  $\epsilon_x', \epsilon_y'$  sa líšia od skutočných vplyvom citlivosti na priečnu deformáciu. K správneému vyhodnoteniu je treba poznať mimo materiálových konštánt  $E, \mu$  i priečnu citlivosť tenzometrov. V literatúre sa popisuje zavedenie tzv. "tenzometrického pomeru priečnej kontrakcie", ktorým sa dá zahrnúť vplyv priečnej citlivosti.

$$\omega = \frac{\mu - \alpha}{1 - \mu \alpha}; \quad \alpha = \frac{k_2}{k_1}$$

keďže veľkosť Poissonovej konštanty  $\mu$  meraného materiálu poznáme a hodnotu  $\alpha$  si určíme zo známej analytickej závislosti potom môžeme vyjadriť napätie rovnicou

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\omega^2} (\epsilon_x' + \omega \epsilon_y')$$

Pri určovaní rovinatej napätosti pomocou ružice napr.  $45^\circ$  podľa Ruža /2/ vychádza sa z požiadavku ciachovania ružíc v dvojsovom napätostnom poli. Pri použití rovnakej metódy určovania môžeme obísť zložité experimentálne určovanie určením analytickým, pričom zavedené hodnoty

$$a = \frac{k_1^2 - k_2^2}{k_1}; \quad ab = \frac{k_1^2 - k_2^2}{k_2} \quad \text{môžeme}$$

vyjadriť analyticky a ďalší výpočet môžeme previesť rovnakým spôsobom. Opakovaním výpočtu sa môže presnosť určovania zvýšiť.

Použitá literatúra

- [1] Jakubík      Analýza presnosti tenzomet. meranie mechen.  
namáhania, KDP, Bratislava, 1981
- [2] Ruža      Elektrické odporové tensometry, ČSAV, Praha  
1950,
- [3] Čepický      Vyhodnocování tenz. měření při dvojosové  
napjatosti, VŠD - Žilina 1967,