

APPLICATION OF SEMICONDUCTOR STRAIN GAGES FOR RESIDUAL STRESS DETERMINATION

POUŽITÍ POLOVODIČOVÝCH TENZOMETRŮ K URČOVÁNÍ ZBYTKOVÝCH NAPĚTÍ

Karel VÍTEK, Karel DOUBRAVA, Stanislav HOLÝ, Ladislav HRUBANT*

Abstract: The special strain gage rosette for drilling method is introduced in this paper. Application of semiconductor strain gages brings an advantage as transforming strain into an electrical signal is with an efficiency up to several tens times greater than at the metallic ones. This effect may be very important for a stability measuring during identification of residual stress at the structure, because we may apply a strain gages in a greater distance from testing drilling hole.

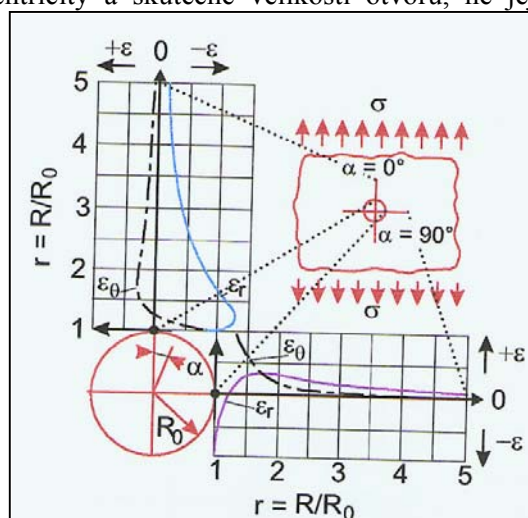
Key words: Drilling method, residual stress, semiconductor strain gage

Stabilita výsledků vyhodnocených vyvrtávací metodou závisí jak na poloze odvrtávací růžice vzhledem k otvoru, tak na velikosti a tvaru otvoru. V bezprostředním okolí vrtaného otvoru jsou umístěny aktivní tenzometry fóliových růžic, které citlivě reagují na kombinaci všech silně se projevujících vlivů, ale v metodách vyhodnocení je zakomponován pouze vliv excentricity a skutečné velikosti otvoru, ne její postupná ovalita, směr osy díry a kvalita vrtaného povrchu. Všechny tyto vlivy se zmenšují se vzdáleností od otvoru. Tam ale klesá měřený signál [1].

Fóliové tenzometry jsou podstatně méně citlivé na deformaci než tenzometry polovodičové a proto musí k identifikaci zbytkových napětí využívat velmi nestabilní a pro ně měřitelné pole napjatosti v okolí otvoru na poměru $r=R/R_0 \approx 2$ (viz obr.1). Otvor má charakter typického vrubu a proto měření odezvy tenzometrů na vyvrtávání s následným uvolněním deformací nemusí odpovídat aplikované teorii, která nepostihuje celou šíři vlivů.

Záměrem je citlivými tenzometry polovodičového typu měřit vliv vrubového otvoru od něj co nejdále, v relativně stabilní odezvě, která zahrne především vliv otvoru jmenovitého. To v případě odladění metodiky umožní jednodušší a rychlejší vyhodnocování a především spolehlivější výsledky vyhodnocení zbytkové napjatosti.

Na ploché zkušební tyči pro trhací zkoušku v obr.2 je nalepeno 7 křemíkových odporových tenzometrů AP120-3-12 a 7 křemíkových odporových teploměrů T240, a to ve dvojicích tenzometr-teploměr, které umožňují měřit teplotu tyče v blízkosti tenzometrů. Teplotní součinitel délkové roztažnosti křemíkové aktivní části tenzometru je $2.8 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$. Tenzometry jsou na tyči nalepeny epoxidovým lepidlem PC-6, japonské firmy KYOWA umožňujícím měření v rozmezí teplot od -50°C do $+150^\circ\text{C}$.



Obr.1, Užívané - poměrně nestabilní pásmo citlivosti vyvrtávací metody $r \approx 2$. Stabilnější oblast $r > 2$ je měřitelná polovodičovými tenzometry.

Na detailu růžice v obr.3 vidíme šipkami označené tenzometry odvrtávací růžice. Ostatní 2 tenzometry v průřezu mají párové členy na druhé straně vzorku a slouží k přesné identifikaci nominálního napětí v průřezu při tahové, eventuálně ohybové zkoušce vzorku, kterými je vývojový typ růžice testován.

V těsné blízkosti každého tenzometru je paralelně nalepen polovodičový teploměr, aby bylo možno podle aktuálních teplotních poměrů signál růžice korigovat.

Závislost odporu obou typů polovodičových měřicích prvků na deformaci vyjadřuje vztah :

$$\frac{\Delta R}{R} = C_1 \cdot \varepsilon + C_2 \cdot \varepsilon^2$$

kde $\Delta R[\Omega]$ - změna odporu tenzometru způsobená deformací ε , $R[\Omega]$ - odpor nedeformovaného tenzometru, C_1, C_2 - konstanty deformační rovnice, $\varepsilon[m/m]$ - poměrná deformace.

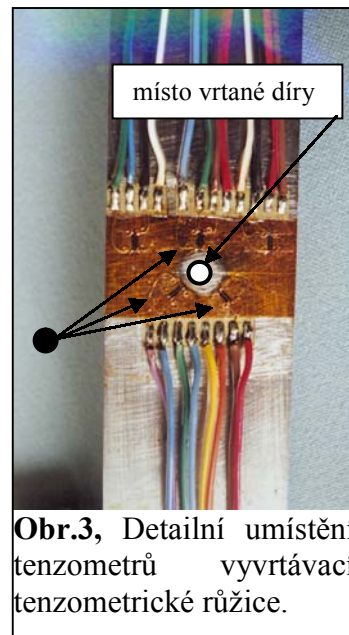
Proto zpracování komplexu signálů na výsledné poměrné prodloužení řešíme vnitřním programem.

Charakter naměřených signálů z tenzometru a z teploměru, který jeho poloze přísluší je pro ohybový diagram vzorku zobrazen na obr.4. Polovodičový teploměr je asi 14x méně citlivý než tenzometr.

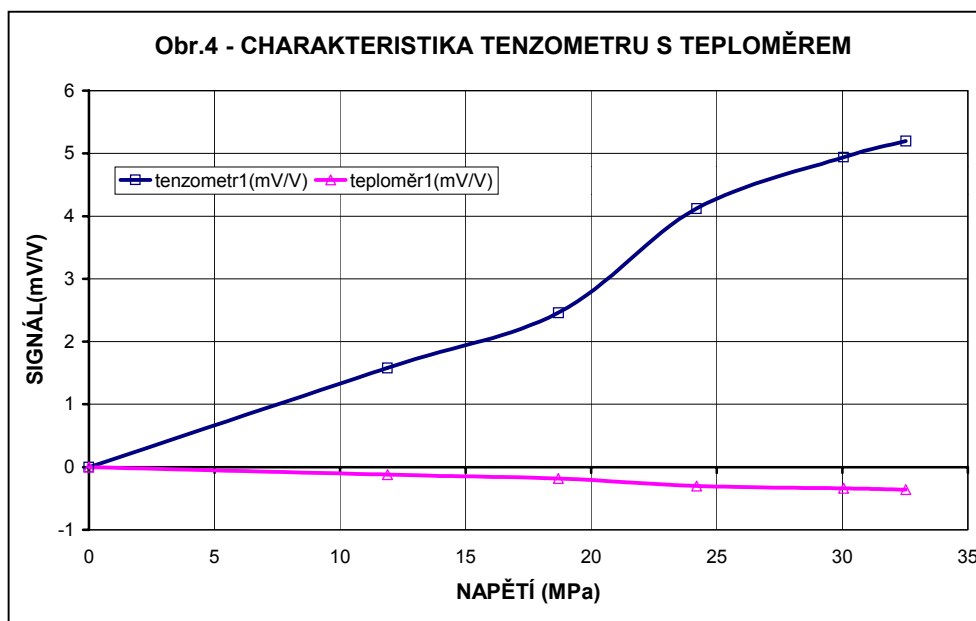
Vývoj a detailní zpracování měřicího prvku jsou výsledkem vzájemné spolupráce obou autorských pracovišť a v současnosti probíhá testování funkcí měřicích prvků.



Obr.2, Testovací vzorek „polovodičové vyvrtávací tenzometrické růžice“



Obr.3, Detailní umístění tenzometrů vyvrtávací tenzometrické růžice.



Tento výzkum je podporován grantem GAČR_106/00/1477.

LITERATURA:

- [1] Holý S. – Vliv odchylek geometrie snímačů u odvrtávací metody na přesnost výsledných vnitřních pnutí, 26. konference EAN, Holany, červen 1988, sborník, str. 39-40.
- [2] HRUBANT L., HRUBANT J., Optimal Applications of Semiconductor Strain Gages with Regard to their Advantages and Limitations, 17th DANUBIA-ADRIA SYMPOSIUM ON EXPERIMENTAL METHOD IN SOLIDS MECHANICS, Praha, 11-14.10.2000
- [3] Vítěk K., Holý S., Štěrba P. – Zjišťování materiálových konstant využitím metody konečných prvků, Inženýrská mechanika 2001”, Svatka, Květen 14 - 17, 2001, sborník, str. 371-372.