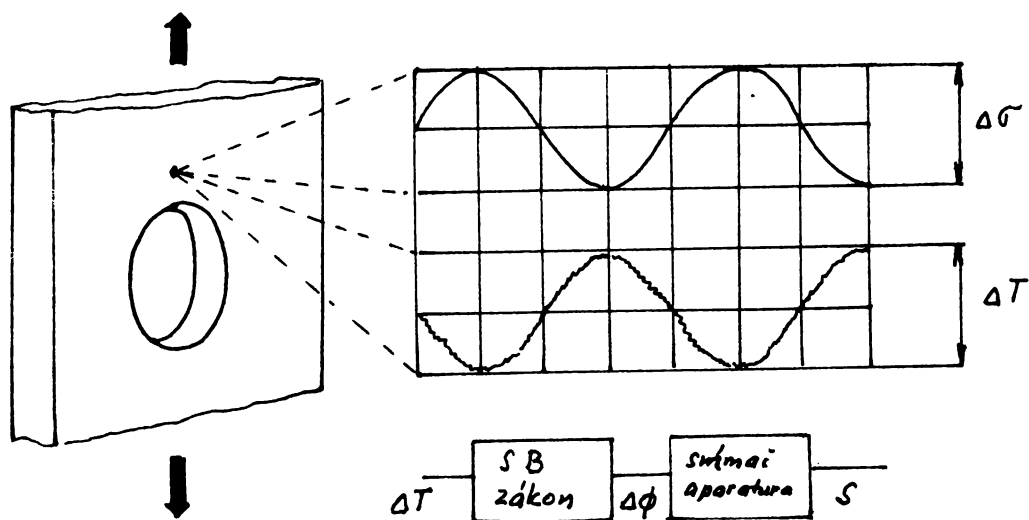


CO MŮŽEME OČEKÁVAT OD METODY TERMÁLNÍ EMISE SPATE

Metoda termální emise je úspěšně používána v širokém spektru problémů analýzy napětí jak pro materiály homogenní a izotropní tak i pro materiály kompozitní s citlivostí lepší než jsou technické požadavky [1]. Je to v důsledku dosažitelnosti teplotních bezkontaktních čidel vysoce stabilních s vysokou citlivostí (řádově 10^{-3} °K při pokojové teplotě) a běžného vybavení prakticky každého složitého měřicího přístroje počítačovou technikou.

Z teorie termoelasticity je možno odvodit [1] [2] vztahy pro rozkmit teploty ΔT povrchu součásti při vneseném rozkmitu napětí $\Delta \sigma$ (obr. 1)



Obr. 1

$$\Delta T = -K_m T \Delta \sigma_{ii}$$

$$\Delta T = -K_m T (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$$

kde $K_m = \frac{K_\sigma}{E} = \frac{\alpha}{\rho \cdot c_p} \left[\frac{m^2}{N} \right]$ termoelastická konstanta [1]

$$\Delta \sigma_{ii} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$$

rozkmit 1. invarianty prostorové napjatosti

$$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$$

rozkmit hlavních napětí

Ověření tohoto vztahu termoelastické konstanty bylo provedeno přesným dotykovým odporovým teploměrem již v r. 1915 [3] s přesností 0,07 %.

Diferenciací vztahu pro tepelný tok $\phi = e \cdot B \cdot T^4$, vyzařovaný podle Stefan Boltzmannova zákona (kde e je poměrná pohltivost šedého tělesa, která má konstantní velikost pro všechny vlnové délky, $B = 5,77 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$ - Boltzmannova konstanta a T [K] je teplota), získáme rozkmit tepelného toku

$\Delta\phi = 4eB\Gamma^3\Delta T$, který je snímán čidlem a zpracován na signál S, který můžeme vyjádřit pomocí kalibračního součinitele A

$$A \cdot S = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3$$

Další už je technickou záležitostí příslušné měřicí techniky. Zařízení SPATE 8000 či 9000 [4] umožňuje v širokém spektru zatěžovacích frekvencí od 0,5 Hz (lépe od 3 Hz pro zachování podmínek adiabatického procesu [5]) do 20 kHz pozorovat buď celou sledovanou plochu a zaznamenat ji či vynášet průběh snímaného signálu podél zavedeného systému rovnoběžek či provádět odečet v jednotlivých bodech. Při vzdálenosti 0,3 resp. 1,0 m snímací kamery od sledovaného povrchu, zaznamenáme plochu průměru 0,5 resp. 1,2 mm. Hloubka ostrosti použité optiky infračerveného pásma ($8 \pm 14 \mu\text{m}$) dovoluje odchylky v pozorování od kolmice k povrchu o $\pm 70^\circ$ beze změny citlivosti, což umožňuje sledovat i zakřivené plochy s místními převýšeními (svary, rohy, zaoblení přechodů a pod., ale ne žebra).

Pro zvýšení přesnosti či zachování jmenovité [2] je korelována snímaná veličina s frekvencí, amplitudou a fází do součásti vnášené napjatosti, resp. zatížení [6].

Úprava povrchu spočívá v očištění povrchu a nastříknutí barvou s vysokou pohltivostí. To znamená nanesení vrstvy na aktivní povrch a z toho vzniklého parazitního efektu [7].

Základní omezení vyplývá z vysokých pořizovacích nákladů zařízení. Produktivita měření a aplikovatelnost tuto nevýhodu potlačují. Potíže v níhají při separaci napětí. Měřená veličina je pouze jedna (poloha středu Mohrovy kružnice napětí). Indikace prostého smyku není vůbec možná. Metody separace jsou založeny především na hybridních metodách a numerických metodách založených na použití metody konečných prvků [8] - [10]. Ze shrnutí plyne i omezení na lineární oblast sledovaného děje.

Velikost proměřované plošky omezuje použití metody SPATE na miniaturní součásti. Přesto v porovnání s tenzometry dostáváme "kratší" základnu s možností podstatně hustší sítě měřených míst. K tomu přistupují omezení s rychlostí odečítání, které jsou principiálně shodné jako u jiných metod EAN. Pro kalibraci se užívají odporové tenzometry s vysokou hodnotou odporu pro snížení vlivu vlastní radiace.

Přehled literatury za poslední období poskytuje stále větší počet článků a referátů a z toho je možno zcela oprávněně usuzovat na použitelnost, i když ne všeobecnou, metody SPATE. Kromě použití pro klasické i netradiční obory a použití hlavně v letectví, u prostředků kolejové dopravy, automobilů setkáváme se s analýzou vnitřních pnutí [9] a aplikacemi na součástech z kompozitních materiálů [10] a lomovou mechanikou a šíření defektů [11].

Použitá literatura: [1] Holý S., Matoulek J. - Využití sdružené teorie termoelasticity v experimentální analýze napětí, In Sborník 28. konference, EAN, Zdár nad Sázavou 1990; [2] Stanley P., Chan W.K. - Quantitative Stress Analysis by means of the Thermoelastic Effect, In Journal of Stain Analysis Vol.20,

Nr. 3 (1985) 129-137; [3] Compton K.G., Webster L.P. - Temperature Changes accompanying the Adiabatic Compression of Steel, Phys. Rev. Vol. 4 (1915) 159-166; [4] Publikace fy Ometron, GB; [5] Berry D.J. - ústní sdělení; [6] McKelvie J. - Some Practical Limits to the Applicability of the Thermo-Elastic Effect, In Exp. Stress Analysis Proc. VIIIth Internat. Conf., Amsterdam (1986) 507-518; [7] Oliver D.E., Webber W.R.S., Joseph G., Gilby J. - Recent Development of the SPATE Technique for Measuring Stress in Structure Loaded with Complex Waveforms, In Exp. Stress Analysis, Proc. VIIIth Internat. Conf., Amsterdam (1986) 465-477; [8] Feng Z., Rowlands R.E. - Continuous Full-Field Representation and Differentiation of Three-Dimensional Vector Data, Journ. Of Computers and Structures, Vol. 6, 1987; [9] Wong A.K., Dunn S.A., Sparrow J.G. - Residual Stress Measurement by means of the Thermoelastic Effect, IngNature Vol. 332 (1985) 613-615; [10] Kagezama K., Ueki K., Kikuchi M. - Fatigue Damage Analysis of Notched Carbon/Epoxy Laminates by Thermoelastic Emission and Three Dimensional FEM, In Proc 7th Int. Conf. Comp. Mat., Beijing (1989); [11] Stanley P., Chan W.K. - Mode II Crack Studies using the SPATE Technique, In Proc. 1986 SEM Spring Conf. on Exp. Mech., New Orleans (1986) 916-923

Doc. Ing. Stanislav Holý, CSc - ČVUT fakulta strojní
Suchbátarova 4, 166 07 Praha 6 - Dejvice