



STRAIN MEASUREMENT BY SPECKLE CORRELATION.

MERANIE DEFORMÁCIÍ POMOCOU SPECKLE KORELÁCIE.

Brozman D.

Basic principles of the laser speckle strain gauge are presented. When a laser - illuminated diffuse object undergoes deformation, speckles show displacement accompanied by change in structure. The speckle changes are measured by linear image sensor and by adopting dual beam illumination is separated the term that is proportional to surface strain.

Klasické metódy merania deformácií vyžadujú kontakt s povrchom sledovaného objektu, alebo úpravu povrchu. Holografická technika je bezkontaktná no ide väčšinou o tzv. mokrý proces, teda laboratórny postup. Využitie speckle efektu umožňuje automatizovať bezkontaktné meranie deformácií a využiť metódu mimo laboratórnych priestorov. Takéto postupy navrhlo niekoľko autorov, napr. Butters [1], Nobukatsu, Asakura [2] a ďalší. Iný variant navrhol I. Yamaguchi [3]. Metóda je založená na vzhodnotení vzťahu rozloženia intenzity v objektívnom speckle poli pred a po deformácii pomocou korelačnej analýzy.

Ak je sledovaný objekt podrobený deformácii, speckle pole sa posúva a zároveň v rozložení intenzity prebiehajú zmeny. Popisom objektívneho speckle poľa sa zaoberal Jakeman [4], a vlastnosti specklov podrobne študoval Yamaguchi [5]. Konkrétny prípad merania posunutia pomocou speckle korelácie bol uvedený napr. v práci [6],[7]. Ak takéto meranie modifikujeme zavedením dvojlúčového osvetlenia,

môžeme odvodiť vzťah medzi posunutím specklov, ktoré je priamo merateľné a pomernou deformáciou.

Posunutie speckle štruktúry spôsobené deformáciou objektu je možné určiť z polohy maxima medzikorelačnej funkcie rozloženia intenzity pred a po deformácii. Miera zmeny rozloženia intenzity v speckle štruktúre je závislá od geometrie osvetlenia a snímania a od charakteru posunu. Šírenie svetelnej vlny odrazenej od objektu popisuje Fresnel-Kirchhoffov integrál. Vzťah pre koreláciu medzi intenzitnými fluktuáciami pred a po deformácii môžeme písať v tvare [7]

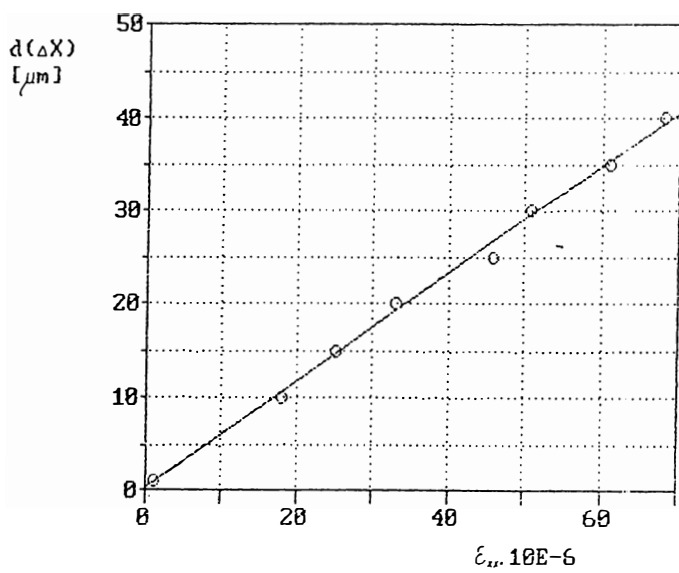
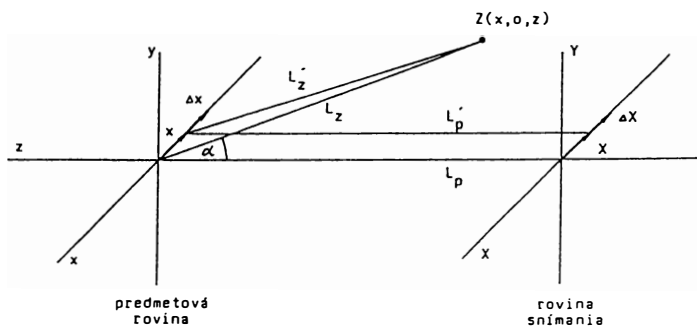
$$K = \left| \int \sqrt{I_0(x)} \cdot I_0(x + \Delta x) \exp[ik(L'z(x) - L'z(x + \Delta x) + L'p(x, \chi) - L'p(x + \Delta x, \chi + \Delta \chi))] dx \right|^2 \quad (1)$$

Kde I_0 je priebeh intenzity v smere v ktorom chceme určiť deformáciu, L je vzdialenosť zdroja, resp. pozorovacej roviny od objektu pre pôvodný a zdeformovaný stav. Ak uvažujeme optický systém podľa obr.1 a predpokladáme, že deformácia v oblasti osvetlenej tenkým lúčom je homogénna a tiež vzdialenosť snímača je oveľa väčšia ako priemer osvetlenej časti povrchu, môžeme zložku posunutia speckle štruktúry v smere osi x písať v tvare

$$\Delta X = \Delta x (L_p / L_z \cos^2 \alpha + 1) - \Delta z (L_p / L_z \cos \alpha \sin \alpha) - L_p [\epsilon_{xx} \sin \alpha - \tau_y (\cos \alpha + 1)] \quad (2)$$

kde ϵ, τ sú komponenty deformácie. Ak zavedieme diferenciálny optický systém s dvomi symetrickými (pre jednoduchosť) lúčami v rovine x, z (polohy zdrojov $(x, 0, z); (-x, 0, z)$) a použijeme ich pre získanie dvoch intenzitných priebehov (každým lúčom osobitne), rozdiel medzi posunutiami specklov bude daný vzťahom

$$d(\Delta X) = -2L_p (\Delta z / L_z \cos \alpha \sin \alpha + \epsilon_{xx} \sin \alpha) \quad (1)$$



Ak uvažíme, že $L_2 \gg L_p$, vzťah pre pomernú deformáciu v smere osi x bude v tvare

$$\epsilon_{xx} = -d(\Delta X)/2L_p \sin\alpha \quad (1)$$

Ako príklad overenia metódy bola meraná deformácia votknutej hliníkovej tyče v mieste votknutia. Získané hodnoty boli porovnané s hodnotami nameranými pomocou tenzometra. Výsledky merania sú znázornené na grafe. Pri meraní bol použitý He-Ne laser LA 1001, obrazový snímač MA 110 C.

Uvedený spôsob merania má niekoľko výhod. Je bezkontaktný, umožňuje vytvoriť automatizovaný prenosný merací systém, citlivosť komponentov meracej zostavy na chvenie nie je také kritická ako u holografie, geometriu zostavy je možné nastaviť vysokú citlivosť a presnosť merania.

Literatúra :

- [1] J.N. Butters: Opt. Laser Technol. 9 (1977) 117
- [2] T. Nobukatsu-T. Asakura: Applied Opt. 22 (1983) 3514
- [3] I. Yamaguchi: Jap. J. of Appl. Phys. 19 (1980) 133
- [4] E. Jakeman: J. Phys. A 8 (1975) 23
- [5] I. Yamaguchi: Optica Acta 28 (1981) 1359
- [6] D. Brozman: In: Zborník 30 konferencie EAN'92, Praha 1992
- [7] D. Brozman: Jemná mech. a opt. 1-2/92 17

RNDr. Dušan Brozman, Katedra fyziky, VŠP, A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, Slovensko. Tel.: 0042(0)87 601, fax: 0042(0)87 417 003