

Plastic Strain Measurement by Image Processing Method

Meranie plastických deformácií pomocou spracovania obrazu.

D. Brozman

Abstract

Some signal-processing methods are proposed and compared to qualitatively extract the level of plastic deformation in metal specimen. The contrast, the Michelson's visibility and the normalized fourth-order contrast were compared with the finite-element results. A satisfactory correlation was found between effective strains and visibility and 4-th order contrast.

Úvod

V článkoch [1] a [2] bol prezentovaný bezkontaktný speckle tenzometer pôvodne navrhnutý v práci [3], pre ktorý horná hranica merania pomerných deformácií, alebo posunutí je daná dekoreláciou signálov zo CCD snímača zapríčinená veľkým posunutím sledovaného povrchu (rádovo milimetre), alebo zmenou textúry povrchu v dôsledku plastických deformácií.

Pre prípad zmien povrchovej štruktúry pri plastických deformáciách boli testované závislosti určitých vybraných funkcií charakterizujúcich priebeh intenzity v snímanom obraze od veľkosti plastickej deformácie v okolí koreňa trhliny na namáhanom nosníku. Nosník bol po vytvorení trhliny vyleštený a následne zaťažený tak, aby vznikla v okolí trhliny zreteľná zóna plasticity. Drsnosť povrchu korešponduje s jeho optickým obrazom pri vhodne volenom osvetlení pomocou nekoherentného svetla.

Experimentálne metódy

Pre hodnotenie obrazu zóny plasticity bola použitá experimentálna zostava podľa

obrázku, kedy bol dosiahnutý maximálny kontrast obrazu. Pre spracovanie takéhoto obrazu boli vybrané tri charakteristiky hodnotiace závislosť rozloženia intenzity od polohy na povrchu vzorky. Boli to kontrast, Michelsonova vizibilita a kontrast štvrtého rádu.

Kontrast obrazu je definovaný vzťahom [4]

$$\tau = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max}}$$

Tzv. vizibilita je podľa Michelsona definovaná pomocou výrazu [5]

$$\kappa = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

Z porovnania oboch vzťahov vidieť, že charakteristika pomocou parametra vizibility bude vzhľadom na strmší priebeh a teda aj väčšiu citlivosť pravdepodobne výhodnejšia.

Kontrast štvrtého rádu je definovaný výrazom [6]

$$F = \frac{S}{\alpha^4}$$

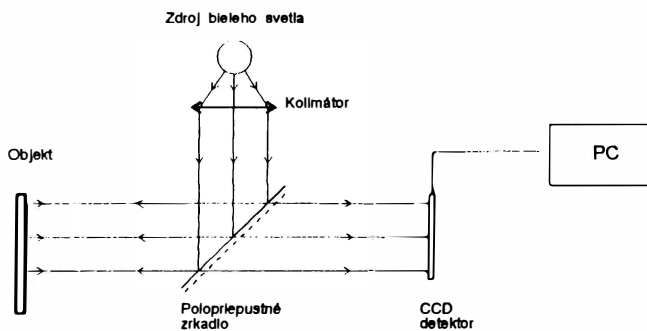
kde s je štandardná odchylka definovaná pomocou variancie

$$S = \sigma^2 = \left[\frac{1}{M} \sum_1^M (b - \bar{b})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \alpha = \frac{1}{M \sigma^2} \sum_1^M (b - \bar{b})^4$$

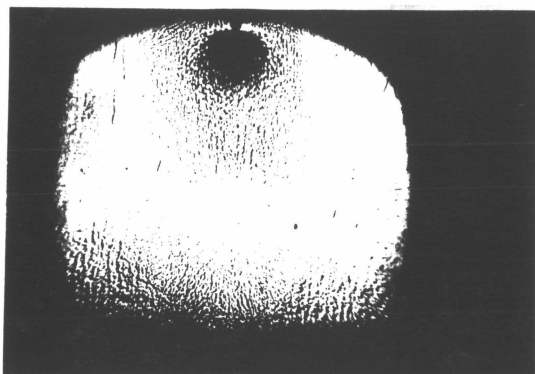
kde b je hodnota intenzity v určitom bode a M je počet bodov definujúcich intenzitu v danej suboblasti.

Výsledky experimentu

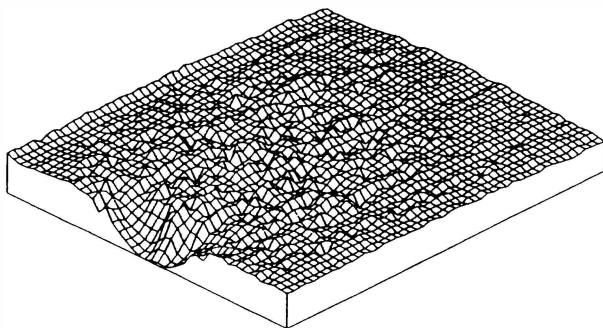
Uvedené parametre boli porovnávané s veľkosťou plastickej deformácie, ktorá bola vypočítaná pomocou MKP na vzorke s experimentálne určenými materiálovými konštantami.

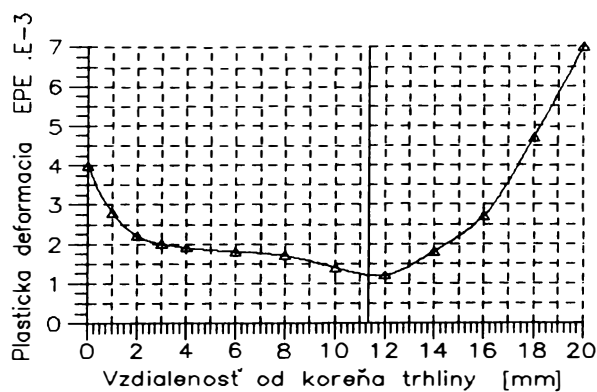
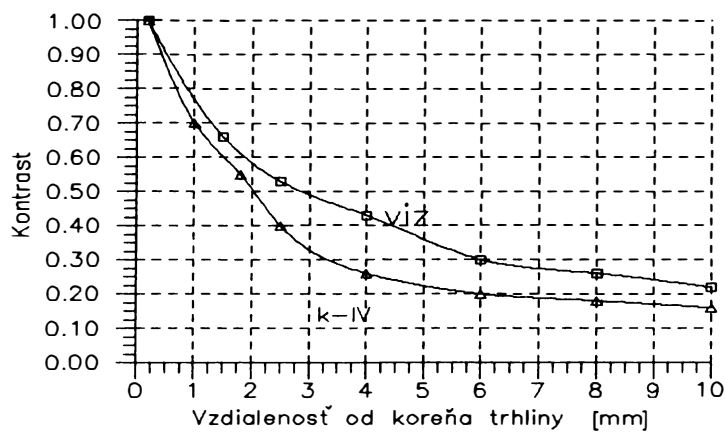


Usporiadanie experimentu pri sledovaní drsnosti
povrchu v závislosti od plastickej deformácie



Zóna plasticity pozorovaná v experimente podľa
obrázku v okolí trhliny na deformovanom nosníku





Výsledky meraní aj výpočtu sú na grafoch, z ktorých vidieť, že vizibilita a kontrast štvrtého rádu poskytujú približne rovnakú citlivosť na zmeny plastickej deformácie a pomerne dobre korešpondujú s jej priebehom. V prípade možnosti kalibrácie merania pre konkrétny materiál v danej experimentálnej zostave je možné takýmto spôsobom plastické deformácie vyhodnocovať aj kvantitatívne.

Záver

Uvedený spôsob merania umožňuje rozšíriť rozsah merania pomocou speckle tenzometra na plastické deformácie. Z hľadiska automatického merania v reálnom čase je výhodnejšie použiť pre normované kvalitatívne hodnotenie Michelsonovu vizibilitu, ktorá je výpočtovo jednoduchšia ako kontrast štvrtého rádu, čo pri veľkom počte hodnôt (pixelov na CCD prvku) nie je zanedbateľná výhoda. Pre presnejšie hodnotenie v prípade kalibračných meraní je vhodnejší postup výpočtu podľa kontrastu štvrtého rádu.

Literatúra

- [1] Brozman,D.: JMO, č.1-2, 1992, s.17-18
- [2] Brozman,D.: Strain Measurement by Speckle Correlation. In: Zborník 31.konf. EAN'93, Měfin 1993, s.39-42
- [3] Yamaguchi,I.: Jap.J.of Appl.Phys.19 (1980), 133
- [4] Born,M.- Wolf,E.: Principles of Optics. Pergamon Press, London, 1961.
- [5] Vrba,V.: Moderní aspekty klasické fyzikální optiky. Academia, Praha, 1974.
- [6] Lee,C.- Chao,M.A.- Sutton,M.A.: Exp.Mech. No.6, 1989, 214-220

RNDr. Dušan Brozman, Katedra fyziky, Mechanizačná fakulta VŠP, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika. Tel.: 087/601, kl. 759, fax: 087/417 003