

MEASUREMENT OF PLASTIC ZONE BY IMAGE PROCESSING METHOD

MERANIE ZÓNY PLASTICITY POMOCOU SPRACOVANIA OBRAZU

Brozman, D

ABSTRACT - The level of plastic deformation in metal specimen was quantitatively investigated by an image processing method. The method was applied to a cracked specimen made of stainless steel under tensile loading. As a strain level increased, the image showed the varying patterns. The contrast values were fitted with a smooth curve to convert to the plastic strains by test pieces. The strain distribution around the crack tip was obtained and compared with the finite element results

Úvod

Je známe, že mikroštruktúra povrchu namáhaného materiálu sa mení v závislosti od veľkosti deformácie. Zmenu povrchovej drsnosti v tejto súvislosti sledoval Yamaguchi [1], ktorý poukázal na úmernosť medzi drsnosťou a deformáciou. Thomson [2] ukázal, že zdrsnenie vyleštených vzoriek je nezávislé od spôsobu namáhania. Experimentálne techniky založené na počítačovom videní navrhol a testoval Lee a Sutton [3], ktorí spracovali digitalizovaný obraz povrchu kovovej vzorky s V-vrubom a poukázali na koreláciu kontrastu a plastických deformácií.

Na základe uvedených prác bola testovaná možnosť využitia bezkontaktného tenzometra na báze riadkových CCD snímačov Brozman-Kubik [4] na spomenutý účel. Použitá bola vyleštená kovová vzorka s trhlinou a štyri kalibračné vzorky. Výsledky boli porovnané s elasto-plastickou analýzou pomocou MKP v systéme LUSAS ver.11.3

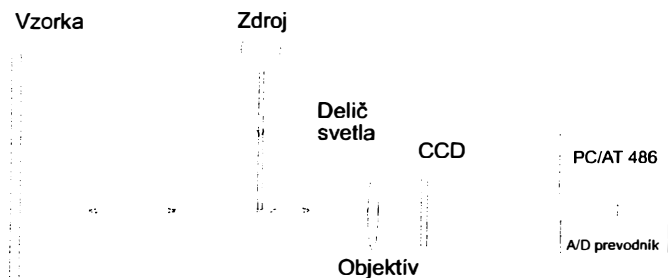
Experimentálna metóda

Vzorka s umele vytvorenou trhlinou (zárez široký 0.3mm) z ocele triedy 17, bola pred zaťažením zrkadlovito vyleštená, ako aj štyri kalibračné vzorky odobraté z toho istého materiálu. Kalibračné vzorky, aj vzorka s trhlinou boli rôzne definované zaťažené ťahom v laboratóriu USTARCH SAV Bratislava, Držák [5]. Meranie a vyhodnocovanie bolo uskutočnené v laboratóriách Katedry fyziky MF, VŠP Nitra. Schematický náčrt experimentu je na obr.1. Pre záznam odrazeného bieleho svetla bol použitý riadkový CCD snímač s 2096 snímacími elementami rozmerov 13x13μm. Zosnímaný signál mal 256 úrovni (8 bitov prevodník) intenzity. Pre zobrazenie bol použitý optický systém s 8 násobným zväčšením v rovine snímača, čo viedlo k rozlíšeniu 130 snímacích elementov na 1mm.

Pre vyhodnotenie signálu bol použitý kontrast 4 rádu definovaný pomocou štatistických parametrov ako

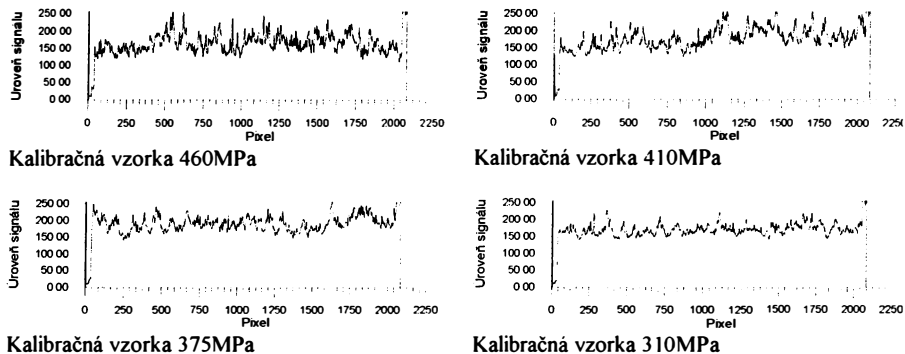
$$K = \sigma^{1/2} / a^{1/4}, \quad \text{kde} \quad \sigma = 1/M \sum (b-b')^2 \quad a = (1/M \sigma^2) \sum (b-b')^4$$

kde b je intenzita v určitom mieste
 b' je stredná hodnota intenzity v suboblasti
 M je počet bodov v suboblasti

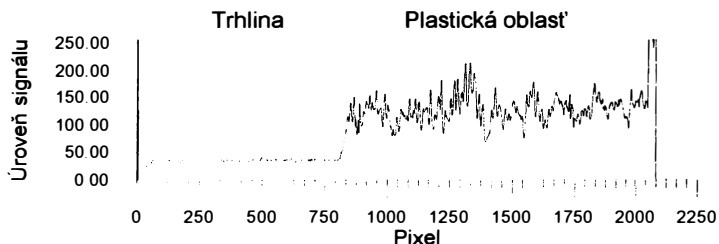


Obr. 1 Usporiadanie pri zázname digitálneho obrazu povrchu vzorky

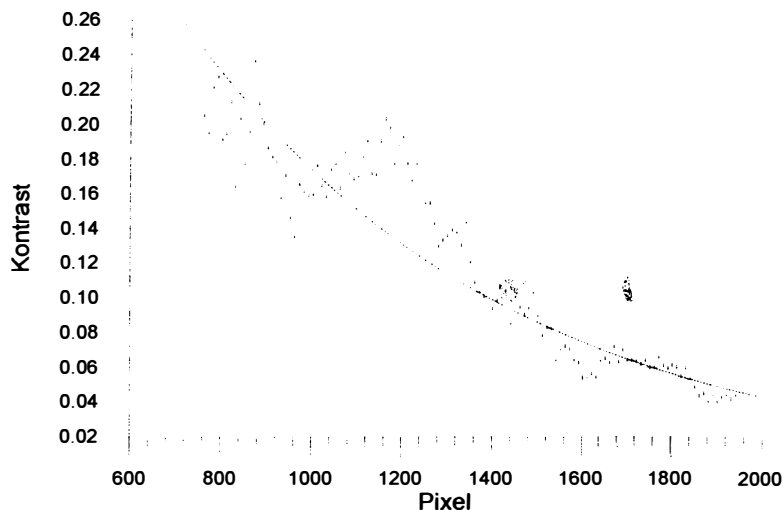
Veľkosť suboblasti pre výpočet kontrastu v určitom bode bola 20 snímачích elementov. Taktó bola získaná závislosť kontrastu od polohy na snímači (obr.4), kde je hodnotený záznam priebehu intenzity v smere trhliny. Poloha trhliny na snímači je znázornená na obr.3.



Obr.2 Priebeh rozloženia intenzity osvetlenia na kalibračných vzorkách podrobených rôznemu ťahovému napätiu (pri každom meraní bola automaticky upravovaná citlivosť snímачia - stredná hodnota signálu).

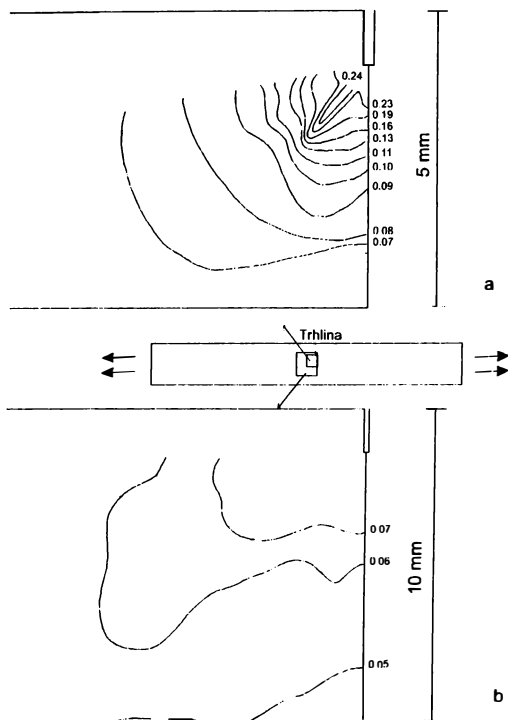


Obr.3 Priebek rozloženia intenzity osvetlenia na povrchu vzorky v smere trhliny

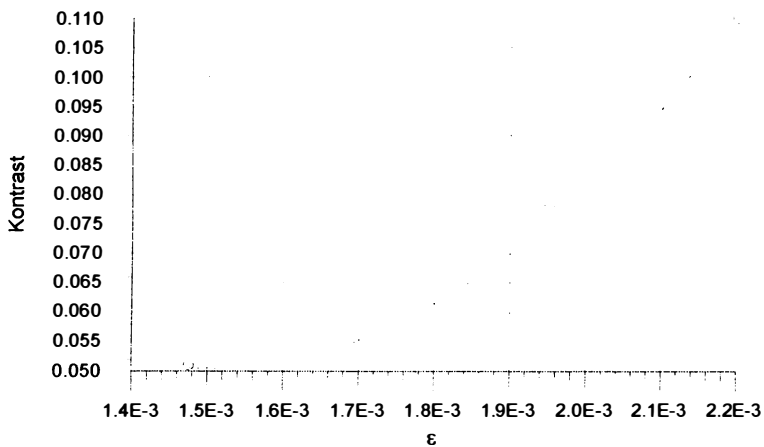


Obr.4 Závislosť kontrastu od vzdialenosti od koreňa trhliny

Takýmto spôsobom bola skanovaná polovica plastickej zóny (predpokladá sa jej symetria) na oboch stranách vzorky s krokom 5° v zmysle polárnych súradníc s počiatkom v koreni trhliny. Výsledné hodnoty boli vzaté ako priemer z oboch strán vzorky. Získané kontúry kontrastu, ktoré vlastne predstavujú tvar plastickej zóny v okolí koreňa trhliny sú pre prehľadnosť znázornené na obr.5 v dvoch rôznych meritkách. Z výsledkov meraní získaných na kalibračných vzorkách bola zostrojená kalibračná krivka - závislosť kontrastu od ekvivalentných deformácií.



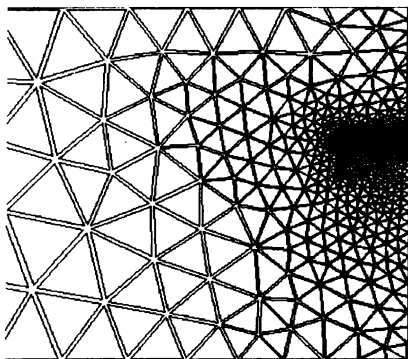
Obr.5 Kontúry kontrastu korešpondujúce s tvarom plastickej zóny



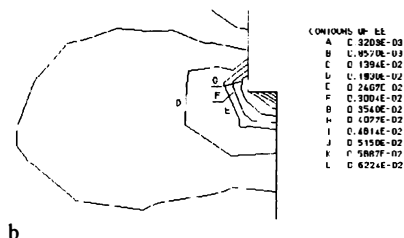
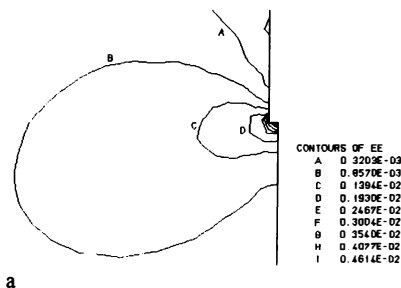
Obr.6 Závislosť kontrastu od ekvivalentných deformácií kalibračných vzoriek

Záver

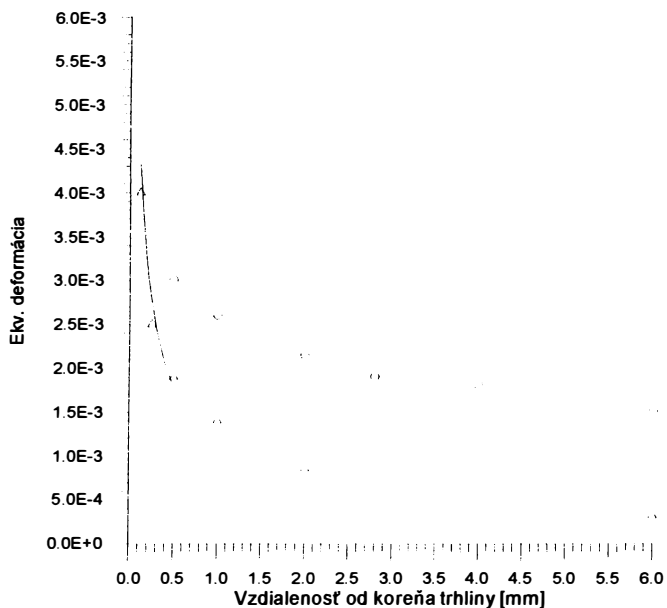
Pre porovnanie získaných výsledkov bola uskutočnená elasto-plastická analýza pomocou metódy konečných prvkov. Na tento účel bol použitý program LUSAS 11.3 [6]. Ukážka časti modelu je na obr.7, kde vidieť použitie gradientnej diskretizácie pre zvýšenie presnosti výpočtu. Tvar plastickej zóny sa do určitej miery líši hlavne v tesnej blízkosti koreňa trhliny, čo vidieť pri porovnaní obr.5a a obr.8b. Toto môže byť zapríčinené tým, že kontrast je počítaný zo suboblasti určitej veľkosti, teda dochádza k priemerovaniu v oblasti vysokého gradientu deformácie. Oblasť väčších rozdielov medzi teóriou a experimentom je menšia ako hrúbka vzorky (3mm), teda použitý 2-D MKP model nemusí vyhovovať, no podobné výsledky boli dosiahnuté aj pri použití objemového modelu a tiež pri porovnaní s iným programom (ANSYS 5.0a). Podobný rozdiel medzi MKP modelom a experimentom bol pozorovaný aj v práci [3]. Priebeh hodnôt ekvivalentných deformácií získaných experimentálne a teoreticky je na obr.9.



Obr.7 Ukážka časti MKP modelu polovice vzorky s trhlinou (výpočet bol uskutočnený s okrajovými podmienkami symetrie). Veľkosť výrezu z modelu je 40x40mm.



Obr.8 Kontúry ekvivalentnej deformácie MKP modelu



Obr.9 Pribeh deformácie v smere trhliny. o - experiment Δ - MKP

Literatúra

- [1] Yamaguchi,K.-Mellor,P.: Int. J. Mech. Sci., 18, 85-90, 1976
- [2] Thomson,P.-Shafer,B.: Int. J. Machine Tool Design and Research, 22 (4), 261-264, 1982
- [3] Lee,C.-Chao,Y.-Sutton,M.-Peters,W.: Exp. Mech. (6), 214-220, 1989
- [4] Brozman,D.-Kubik,L.: Priebežná správa grantovej výskumnej úlohy č.1066/94/1, VŠP Nitra, 1994
- [5] Držík,M.: Ústna informácia. USTARCH SAV Bratislava, 1995
- [6] FEA,Ltd.: LUSAS User's Manual. Kingston Upon Thames, 1993

Doc.RNDr. Dušan BROZMAN, Katedra fyziky, Mechanizačná fakulta, VŠP Nitra,

[~] Tr.A.Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika.

☎ 087/601, kl. 759,

Fax : 087/417 003,

Internet : brozman@uniag.sk