

Ján B a l a š, Milan D r ž í k, Vendelín S z a b ó
Ústav stavebníctva a architektúry SAV, Bratislava

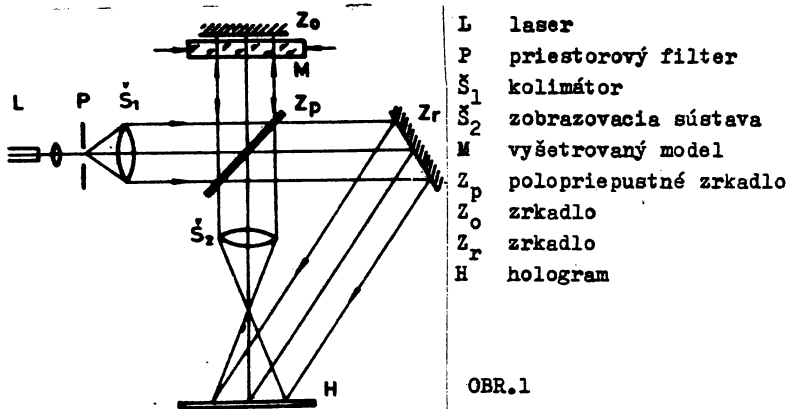
EXPERIMENTÁLNE URČOVANIE KOEFICIENTU INTENZITY NAPĚTÍ PŘI KOMBINOVANOM NAMÁHANÍ

Medzi experimentálnymi metódami vyšetrovania mechanizmu porušovania materiálov dôležité miesto zaoberajú optické metódy, ktoré sa stali účinným prostriedkom na vyšetrovanie stavu napätia v okolí koreňa trhliny. V referáte popisujeme niektoré výsledky, dosiahnuté pri realizácii experimentálnej metódy určovania koeficientov intenzity napätí /KIN/ trhlín s kombinovaným zaťažením, t.j. pri súčasne pôsobiacom ťahovom i šmykovom namáhaní.

Experimentálne metódy určovania KIN, publikované v minulosti sa v prevažnej miere týkajú prípadu trhliny kolmej na smer pôsobiaceho vonkajšieho zaťaženia. Rozboru charakteru poľa napätí v okolí trhliny uvažovanej konfigurácie, nazývanej aj šikmou trhlinou sa doteraz venovala menšia pozornosť a väčšina publikovaných prác sa zaoberá len tzv. singulárnym riešením, ktorého platnosť sa ohraničuje na veľmi malé okolie koreňa trhliny.

Vychádzajúc z platnosti Westergaardovej funkcie napätí pre trhlinu v nekonečnej oblasti pri dvojsovom zaťažení sa odvodilo riešenie [1], ktoré dáva presné hodnoty zložiek napätí v celej oblasti bez limitujúcich predpokladov a tvorí základ rozpracovávanej experimentálnej metódy určovania KIN, založenej na využívaní experimentálne meraných hodnôt súčtov hlavných napätí.

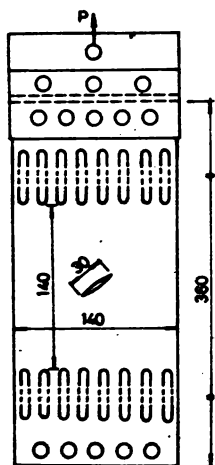
Pri experimentálnych meraniach sa použila holograficko-interferenčná metóda vyšetrovania stavu napätia v okolí trhlín [2,3], využívajúca výhody dvojnásobne exponovaných obrazových hologramov. Použitie optické zostavy dovoľujú meniť v širokých medziach merítko zväčšenia vyšetrovanej oblasti a vyšetrovať detailne s vysokou rozlišovacou schopnosťou stav



- L laser
- P priestorový filter
- Š₁ kolimátor
- Š₂ zobrazovacia sústava
- M vyšetrovaný model
- Z_p polopriepustné zrkadlo
- Z₀ zrkadlo
- Z_r zrkadlo
- H hologram

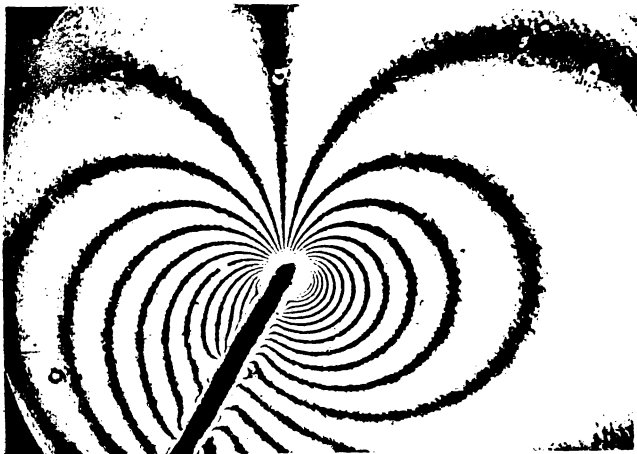
OBR.1

napätia v okolí koreňa modelovanej trhliny. Alternatíva optickej zostavy holografického interferometra podľa schémy na obr.1 využíva dvojnásobný prechod informačnej vlnoplochy cez vyšetrovaný transparentný objekt M. Takéto usporiadanie poskytuje dvojnásobnú citlivosť voči usporiadaniu s jednoduchým prechodom informačnej vlny a umožňuje dostatočne presné sledovanie izopách aj pri menších zaťaženiach modelov s trhlínami. Pri takomto usporiadaní sme vyšetrovali modely s centrálnou trhlinou, zvierajúcou so smerom pôsobenia vonkajšieho zaťaženia uhol χ . Rozmery a schéma zaťaženia modelov z organického skla zn. Acrylon hrúbky 10 mm sú na obr.2.



OBR.2

Na modeloch sme vyšetrovali pole izopách pre rôzne hodnoty χ a na základe získaných interferogramov sme overovali analytické riešenie a spôsob experimentálneho určovania KIN podľa vzťahov, odvodených v [1]. Fotografia izopách pre $\chi = 60^\circ$ pri $P = 2943 \text{ N}$, t.j. pre jednoosové zaťaženie $\sigma = 2,102 \text{ MPa}$ je na obr.3. Podľa označení, zavedených v [1] máme $k=0$, $\xi = \chi$.



OBR. 3

Porovnanie izopách na obr.3 s príslušným obrázkom $\kappa = 60^\circ$ v [1] ukazuje veľmi dobrú zhodu, potvrdzujúcu správnosť predpokladov analytického riešenia a na jej základe rozpracovanej metódy určovania K_I a K_{II}. Získané hodnoty sa odlišovali od teoretických hodnôt v jednotlivých prípadoch maximálne o 15 %, pritom experimentálne údaje sa brali z oblasti $r/a \sim 1$, kde singulárne riešenie už vôbec nedáva použiteľné výsledky.

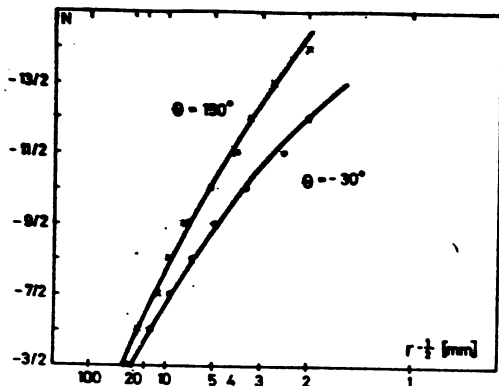
Použili sme tiež iný spôsob vyhodnotenia K_I. Vyjadrenie pre súčet hlavných napätí v okolí koreňa trhliny získame z riešenia podaného Williamsom [4] .

$$\sigma_{xx} + \sigma_{yy} = 2/2\pi r^{1/2} (K_I \cos \theta/2 - K_{II} \sin \theta/2) + O/r^0 / 1/$$

Ako je známe, prvý člen výrazu výrazne dominuje v blízkych vzdialenostiach od koreňa, výraz O/r^0 označuje všetky vyššie členy radu. Súčet hlavných napätí určíme experimentálne pomocou interferenčnej konštanty modelu c_t a rádu izopachy. Potom

$$c_t \cdot m = 2/2\pi r^{1/2} (K_I \cos \theta/2 - K_{II} \sin \theta/2) + O/r^0 / 2/$$

Pretože získať spoľahlivé výsledky veľmi blízko pri špičke trhliny, kde by sme mohli vyššie členy O/r^0 zanedbať, je značným experimentálnym problémom, použili sme postup, keď skutočný nameraný tvar závislosti /2/ nahradíme najprv vhodným polynómom a jeho priebeh potom extrapolujeme do nulovej vzdia-



OBR.4

lenosti. Vhodná je voľba polynómu v tvare

$$s/x/ = A_1 r^{-1/2} + A_2 + A_3 r + A_4 r^2 + \dots + A_n r^{n-2/2} \quad /3/$$

Člen $A_1 r^{-1/2}$ zodpovedá singulárnemu členu /1/ a hľadané K_I , K_{II} sú obsiahnuté v koeficiente A_1 . Neznáme koeficienty A_1, A_2, \dots, A_n určíme odčítaním hodnôt r a $\sigma_{xx} + \sigma_{yy}$ n bodov nameranej časti krivky /2/ a riešením príslušnej sústavy algebraických rovníc pre neznáme A_1, A_2, \dots, A_n . Pre separáciu absolútnych veličín K_I, K_{II} z A_1 potrebujeme ešte odčítať súčty napätí aspoň v dvoch smeroch θ_1, θ_2 okolia trhliny. Príklad nameraných závislostí /2/ je na obr.4.

LITERATÚRA:

- [1] Szabó, V.: Charakter stavu napätia v okolí šikmej trhliny, referát v tomto zborníku. [2] Szabó, V.-Balaš, J.: Realizácia holograficko-interferenčnej metódy v okolí trhlín, Zborník EAN 78, Smolenice, 241-248. [3] Balaš, J.-Držík, M.-Szabó, V.: Experimentálne vyšetřovanie napätí v okolí trhlín v organickom skle, Stavebnický časopis 28, 1980 č.12, 893-912. [4] Williams, M.L.: On the stress distribution at the base of a stationary crack, J.Appl.Mech. 24 /1/, Trans.ASME 109-114, 1957.