



STRESS INTENSITY FACTOR K_I DETERMINATION USING MOIRE ANALYSIS OF STRAIN

URČENÍ SOUČINITELE INTENZITY NAPĚTÍ K_I POMOCÍ ANALÝZY DEFORMACE METODOU MOIRE

Plánička F.

Stress intensity factor K_I determination using Westergaard's solution with displacement components determined by moire method is outlined. Elimination of an influence of the unknown fringe of zero order after rotational mismatch is presented.

Key words : stress intensity factor, moire method

Při určování parametrů lomové mechaniky charakterizujících stav napjatosti v okolí vrcholu trhliny mají rozhodující místo numerické metody realizované pomocí osobních počítačů. Přesto experimentální metody mají stále svůj význam, který je zdůrazněn i nutností ověření numerických výpočtových modelů. Proto byla pozornost soustředěna na určení součinitele intenzity napětí K_I pomocí analýzy deformace metodou moire.

Touto metodou jsou přímo určovány složky vektoru posunutí u_i , $i = 1, 2$. Proto byly k vyjádření uvedeného součinitele K_I při rovinné úloze použity známé Westergaardovy vztahy, které lze zapsat ve tvaru

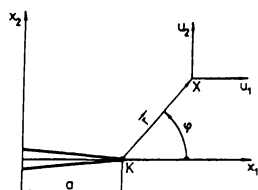
$$K_I = \frac{u_i}{\sqrt{r}} \cdot \frac{G}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{f_i(\varphi)}, \quad i = 1, 2, \quad (1)$$

$G = E/2(1 + \nu)$, je modul pružnosti ve smyku r a φ jsou veličiny určující radiusvektor $\vec{r}$ bodu X v okolí vrcholu trhliny, obr. 1. Funkce $f_i(\varphi)$ závisí na úhlu φ a typu rovinné úlohy.

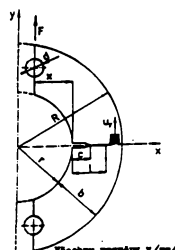
Analýza byla provedena pro zakřivené zkušební těleso vyrobené z oceli Cr Ni Mo V. Tvar tělesa, jeho rozměry, zatížení a orientace měřicí mřížky jsou zřejmé z obr. 2. Měřicí mřížka s roztečí $t = 0,05$ mm byla na povrch tělesa nanášena před

nakmitáním únavové trhliny. Celková délka trhliny na tomto povrchu byla $l_1 = 136,4$ mm, na protilehlém $l_2 = 143,8$ mm.

Protože byla aplikována mřížka s malou hustotou čar, byla pro



Obr. 1



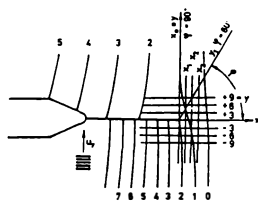
Obr. 2

Průměr	b	r	a	x	z	l
250	125	575	500	143	98	140

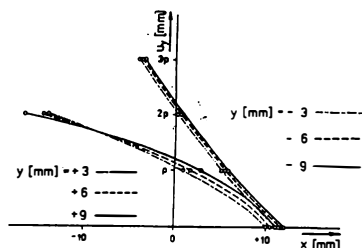
zvýšení citlivosti použita metoda natočení analyzační mřížky. Pole interferenčních pruhů pro složku posunutí u_y při zatížení zkušebního tělesa silou $F = 375$ kN je patrná z obr.3. Hodnoty součinitele intenzity napětí K_I lze ve zvolených bodech řezu určeného úhlem φ a vzdáleností r od vrcholu trhliny určit pomocí vztahu (1).

Při konstrukci potřebných křivek posunutí je využíváno toho, že funkce $u_y(x,y)$ vyjadřuje nad uvažovanou oblastí plochu s vrstevnicemi $u_y(x,y) = C_i$ totožnými s moire pruhy.

Měření bylo provedeno v řezech $\varphi = 60^\circ$ a 90° procházejících vrcholem trhliny. Ty jsou však protínány malým počtem interferenčních pruhů. Proto pro získání dostatečného počtu bodů nutných pro sestavení křivky posunutí bylo použito řezů $y_i = \text{konst.}$ (obr.3). To umožnilo získat doplňující hodnoty složky posunutí necelých řádů v uvažovaných řezech, obr. 4a,b,c.



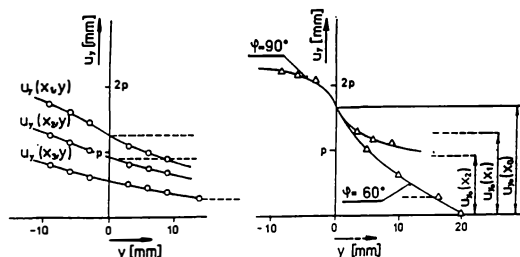
Obr. 3



Obr. 4a

Řez $y = 0$ je rovinou symetrie a proto zde musí být uvažovaná

složka posunutí u_y rovna nule. Protože bylo použito metody natočení analyzační mřížky, nebylo možné určit interferenční pruh řádu nula. Proto byl tento řád přiřazen zcela libovolnému interferenčnímu pruhu. Tím ovšem je porušena uvedená podmínka (obr.4c). Hodnota posunutí $u_{y0}(x_0)$, o kterou byla uvedeným postupem určovaná složka deformace podél řezu $\psi = 90^\circ$ zvětšena, je

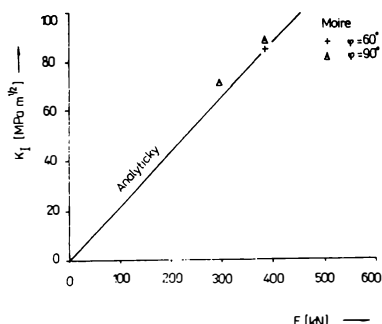


Obr. 4b,c

určena prusečíkem odpovídající křivky posunutí s osou $u_y \equiv y = 0$, obr.4c. Potom skutečné hodnoty uvažované složky posunutí budou

$$u_{ys} = u_y - u_{y0}(x_0) \quad (2)$$

Obdobné bylo postupováno i v řezu $\psi = 60^\circ$. Zde byla křivka posunutí sestavena pomocí řezů x_i , $i = 1, 2, 3$, obr. 3, 4b, c.



Obr. 5

Na základě určené složky posunutí byly ze vztahu (1) vypočteny hodnoty součinitele intenzity napětí K_I . Obdobné bylo postupováno i pro zatížení silou $F = 300$ kN. V tabulce na následující straně jsou uvedeny hodnoty pro zatížení 300 a 375 kN. Pro snadnou orientaci jsou zde uvedeny i hodnoty určené analyticky ze vztahu (3) publikovaného v práci [2]

$$K = F f(1, a, b, x). \quad (3)$$

Závěr

Pro přehlednost je grafické znázornění výsledků uvedeno v obr. 5. Zde je pro možnost srovnání uvedeno i citované analytické řešení vyjádřené vztahem (3). Odtud vyplývá dobrá shoda výsledků získaných experimentálně s analytickým řešením.

Tabulka

F [kN]	ψ	y_{y_1} [mm]	u_y [mm]	K_I [MPa m ^{1/2}]		
				theoret.	experimentálně	střední hodnota
300	90°	2,5	0,014	67	73,4	71,1
		3	0,015		72,1	
		4,5	0,0186		72,7	
		6	0,0209		70,8	
		9	0,024		66,4	
375	90°	2,5	0,0167	82	87,6	88
		3	0,0185		88,6	
		4,5	0,023		90,0	
		6	0,0263		89,1	
		9	0,0307		84,9	
	60°	5	0,0125		86,5	83,2
		10	0,0163		79,7	

Literatura:

- [1] Westergaard, H. M.: "Bearing Pressure and Cracks", J. of Appl. Mech., Trans. of ASME, 6 (2), June 1939
- [2] Kendall, D. P., Hussain, M. A.: "A New Fracture Toughness Test for Thick Walled Cylinder Material, " Exper. Mech., č.4, 1972
- [3] Laš, L., Plánička, F., Polák, J., Ulrych, B., Vetengel, J.: "Rozpracování teoretické metody hraničních prvků na problémy analýzy napětí konstrukcí", výzk. zpráva pro ZES a.s. Škoda, Plzeň, 1990.

František Plánička, Prof., Ing., CSc.

Západočeská univerzita, Americká 42, 306 14 Plzeň

Telefon : (019) 222424, FAX 0042-19-220019