

APLIKÁCIE OPTICKEJ TIENOVEJ METÓDY NA URČENIE J-INTEGRÁLU

O. Ivánková, M. Mikolová

Priebeh lomu materiálu v lineárnej lomovej mechanike vychádza z predstavy hypotetického náhleho porušenia celého prierezu, tzv. "krehkého lomu". Odpor materiálu proti krehkému porušeniu telesa s trhlinou sa v lomovej mechanike vyjadruje mechanickou vlastnosťou, ktorá sa označuje ako lomová húževnatosť. Táto je vyjadrená ako kritická hodnota koeficienta intenzity napätí v okamihu nestabilného šírenia trhliny.

V elasto-plastickej lomovej mechanike sa vychádza z priebehu lomu v reálnych materiáloch. Lom v reálnych materiáloch, ako napr. kovových, je srevádzaný pri vzniku a šírení sa trhlín vytváraním plastických zón v ich koreni. Veľkosť plastických zón podmieňuje napätie v korenoch trhlín, ktoré po prekročení medze klzu spôsobuje plastické deformácie v ich okolí.

Medzi základné kritériá elasto-plastickej lomovej mechaniky na zistenie lomovej húževnatosti patrí J -integrál. Kritérium J -integrálu je kritická hodnota J-integrálu v okamihu nestabilného šírenia trhlín. Existuje viac spôsobov určenia J-integrálu, a to teoretických a experimentálnych. Jednou z experimentálnych metód je optická tienová metóda - metóda kaustík. Výhodou tejto metódy je tá skutočnosť, že sa sústreďuje na body v koreni trhlín a výpočet lomových charakteristík sa vzťahuje na lokálne deformačné pole. Vhodným optickým zariadením možno získať zodpovedajúci odraz svetla z povrchu skúšobného telesa v blízkosti koreňa trhliny, čo priamo zabezpečuje ich určenie.

Optické mapovanie problému, resp. súradnice bodov kaustickej čiary v záznamovej rovine môžeme napísať

$$\begin{aligned} x' &= x + 2 \bar{z}_0 f_x / (1 - \text{grad}^2 f) \\ y &= y' + 2 \bar{z}_0 f_y / (1 - \text{grad}^2 f) \end{aligned} \quad (1)$$

kde: x', y' - súradnice kaustickej čiary v záznamovej rovine
 x, y - súradnice bodu na deformovanom modeli
 \bar{z}_0 - vzdialenosť záznamovej roviny od deformovaného povrchu modelu
 $f_x = \partial f / \partial x, f_y = \partial f / \partial y$.

Ak uvažujeme povrch prvku z elasto-plastickeho materiálu s príslušným spevnením, tvar odrazového povrch so singularitou na záklde [1] je vyjadrený vzťahom:

$$f(x, y) = 0,5 \varepsilon_T d (J / \varepsilon_T \zeta_T I_n)^{n / (n+1)} (E_{rr} + E_{\alpha\alpha}) \quad (2)$$

kde ζ_T - pomerná deformácia na medzi klzu, ζ_T - napätie na medzi klzu, d - hrúbka modelu, n - koeficient spevnenia, $E_{rr}, E_{\alpha\alpha}$ - uhlové faktory [1], I_n - koeficienty závislé od n [1].

Aby mohla vzniknúť kaustická čiara musí byť splnená podmienka, že determinant Jacobiána transformácie vzťahov

súradnic kaustickej čiary je rovný nule. Tvar kaustickej krivky závisí od rozdelenia plastickej deformácie v oblasti koreňa trhliny. Absolútna hodnota kaustickej krivky závisí od materiálových vlastností, geometrických a optických parametrov. Ak sú tieto hodnoty známe, potom rovnice súradnic kaustických čiar predstavujú vzťah medzi dĺžkovým rozmerom kaustickej krivky "D" a hodnotou J-integrálu. Charakteristický rozmer - maximálny priečny rozmer kaustickej čiary - umožňuje vyjadriť intenzitu deformačnej singularity podľa vzťahu [1]:

$$J = S_n \sigma_T \epsilon_T (1 / \epsilon_T z_0 d)^{(n+1)/n} D^{(3n+2)/n} \quad (3)$$

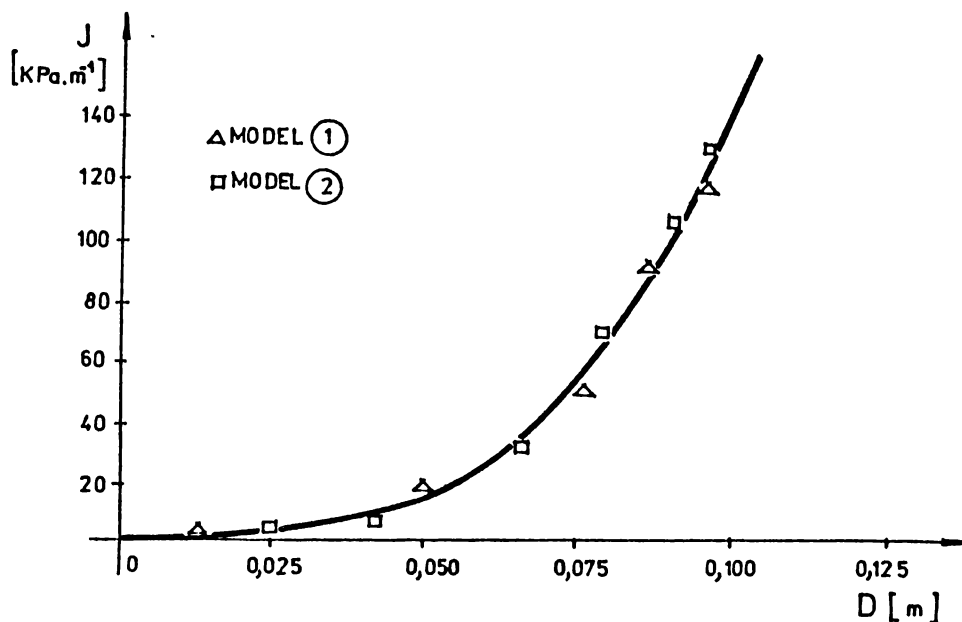
kde: S_n - koeficienty podľa [1] pre rôzne hodnoty n
 z_0^n - vzdialenosť záznamovej roviny od modelu.

Rovnica (3) umožňuje zaviesť vzťah medzi rozmerom pozorovaného tienového obrazca a pevnosťou pri plastickej singularite v okolí koreňa trhliny pri namáhaní materiálu v elasto-plastickej oblasti v podmienkach rovinnej napätosti.

Vyšetrovali sme sériu modelov z ocele pri rôznych hrúbkach a rôznych veľkostiach zataženia. Závislosť diametrov získaných kaustických čiar a veľkosti j-integrálu udáva obr. 1.

Literatúra:

[1] Rosakis A. a kol.: Optical Eng. (1985)



Obr 1.