



SHADOW OPTICAL METHOD OF CAUSTICS - INFLUENCE OF OPTICAL ARRANGEMENT ON THE EXPERIMENT'S QUALITY
 TIEŇOVÁ OPTICKÁ METÓDA KAUSTÍK - VPLYV USPORIADANIA OPTICKEJ ZOSTAVY NA KVALITU EXPERIMENTU

LENÁR L.

The paper deals with the possibilities of optical arrangement using nonparallel light beams and their influence on the experiment. The equations of geometrical optics are taken for the theoretical solution. A validity of theoretical solution by the experiment with monochromatic light is verified. The results of the theory and experiment are shown in the table 1.

S posuvom experimentálnej činnosti v oblasti využívania tieňovej optickej metódy kaustik od materiálov opticky ľahko použiteľných v laboratóriach (PMMA, Araldit,...), ku reálnym konštrukčným materiájom (ocel, hliník,...), dochádza aj k hromadeniu otázok ako pripraviť experiment, aby bolo možné jednoduché odčítanie a spracovanie nameraných hodnôt. Pri použití reálneho konštrukčného materiálu má na výsledky experimentu, okrem vplyvu tvaru vzorky, spôsobu úpravy jej povrchu, veľký vplyv aj usporiadanie optickej sústavy. Je potrebné si uvedomiť, že v takomto prípade už nie vždy stačí jednoduchá optická sústava, navyše v reflexnom usporiadani.

V tomto príspevku sa zaoberáme analýzou niektorých možností optickej usporiadania sústavy s využitím neparalelných svetelných lúčov v experimente.

Vychádzajúc z principov geometrickej optiky použitých v práciach Manogga, Theocarisa, Rosakisa, Kalthoffa a iných môžeme pre zobrazenie bodu A, nachádzajúceho sa v rovine vzorky α , (tvar a spôsob zataženia ako na obr.1) do bodu A', ležiaceho v zobrazovacej rovine α' , nachádzajúcej sa vo vzdialosti z_0 od roviny vzorky α , použiť tak pre prechodové ako aj pre reflexné zobrazovacie rovnice v tvare:

$$x = m \cos \phi + \frac{K_I}{(2\pi)^{1/2}} z_0 c d_{eff} r^{-3/2} \cos^3 \phi \quad (1)$$

$$y = m \sin \phi + \frac{K_I}{(2\pi)^{1/2}} z_0 c d_{eff} r^{-3/2} \sin^3 \phi \quad (1)$$

$$\text{kde } m = \frac{z_1 - z_0}{z_1} \quad (2)$$

$z_1 \dots$ pre divergentné lúče - vzdialenosť od zdroja svetla po vzorku ($z_1 > 0$)
 \dots pre konvergentné lúče - vzdialenosť od vzorky po miesto stretu lúčov nevytvorené deformáciou vzorky ($z_1 < 0$)

Podmienkou vzniku kaustiky je platnosť rovnice:
 $J = 0$

pričom:

$$J = \begin{vmatrix} \frac{\partial x}{\partial r} & \frac{\partial y}{\partial r} \\ \frac{\partial x}{\partial \phi} & \frac{\partial y}{\partial \phi} \\ \frac{\partial x}{\partial \theta} & \frac{\partial y}{\partial \theta} \\ \frac{\partial \theta}{\partial r} & \frac{\partial \theta}{\partial \phi} \end{vmatrix} \quad (3)$$

Riešením tejto rovnice dostávame vzťah pre polomer inicializácie krivky r_0 v tvare:

$$r_0 = \left[\frac{3}{2} \frac{K_I}{(2\pi)^{1/2} |m|} |z_0| |c| d_{eff} \right]^{2/5} \quad (4)$$

pričom pre $z_0 \rightarrow \infty$ možno písat:

$$r \rightarrow r_0 = \left[\frac{3}{2} \frac{K_I}{(2\pi)^{1/2}} |z_1| |c| d_{eff} \right]^{2/5} \quad (5)$$

Po spätnom dosadení r_0 do rovníc (1) dostaneme závislosť medzi charakteristickou veľkosťou kaustiky a polomerom inicializačnej krivky v tvare:

$$D = 3,17 m r_0 \quad (6)$$

Po dosadení rovníc (2) a (4) do tejto rovnice možno ju prepísat do tvaru:

$$D = 3,17 \left[\frac{3}{2} \frac{K_I}{(2\pi)^{1/2}} |c| d_{eff} \right]^{2/5} \left[\frac{z_0}{z_1} \right]^{2/5} \left| 1 - \frac{z_0}{z_1} \right|^{3/5} \quad (7a)$$

ak však $0 < \frac{z_0}{z_1} < 1$ možno písat:

$$D = 3,17 \left[\frac{3}{2} \frac{K_I}{(2\pi)^{1/2}} |c| d_{eff} \right]^{2/5} \left[\frac{z_0}{z_1} \right]^{2/5} \left[1 - \frac{z_0}{z_1} \right]^{3/5} \quad (7b)$$

Pre experiment je tiež vhodné, aby bolo známe v akej vzdialnosti z_0 je možné získať najväčšie zobrazenie kaustiky [2], čím je možné zabezpečiť jednoduchšie odčítanie nameraných hodnôt. Pre matematické vyjadrenie vizuálne najväčšieho tvaru kaustiky možno písat:

$$D_{max} = D = 1,62 \left[\frac{3}{2} \frac{K_I}{(2\pi)^{1/2}} |z_1| |c| d_{eff} \right]^{2/5} \quad (8)$$

a to za predpokladu, že $\frac{z_0}{z_1} = 0,4$ alebo $m = 0,6$.

Záver

Výsledky teoretickej úvahy a experimentov sú zachytené v Tabuľke 1, ktorá by mala zároveň slúžiť ako pomôcka pre ľahšie zostavenie optickej sústavy.

Tabuľka 1:

usporiadanie	Reflexia			Prechodové		
	lúče	diverg.	konverg.	diverg.	konverg.	
kaustika	ZO	ZO	RO	ZO	RO	RO
z_1	$z_1 > 0$	$z_1 < 0$		$z_1 > 0$	$z_1 < 0$	
z_0	$0 \leq z_0 \leq z_1$	$z_0 \geq 0$	$z_0 \leq z_1$	$z_0 \leq 0$	$z_0 \geq z_1$	$z_1 \leq z_0 \leq 0$
m	$0 \leq m \leq 1$	$m \geq 1$	$m \leq 0$	$m \geq 1$	$m \leq 0$	$0 \leq m \leq 1$
r_0	$0 \neq 0,85r^* \neq \infty$	$0 \neq r^*$	$r^* \neq \infty$	$0 \neq r^*$	$r^* \neq \infty$	$0 \neq 0,85r^* \neq \infty$
D	$0 \neq D_{\max} \neq 0$	$0 \neq \infty$	$\infty \neq 0$	$0 \neq \infty$	$\infty \neq 0$	$0 \neq D_{\max} \neq 0$
z	$0 \neq 0,4z_1 \neq z_1$	$0 \neq \infty$	$-\infty \neq z_1$	$0 \neq -\infty$	$\infty \neq z_1$	$0 \neq 0,4z_1 \neq z_1$

ZO...zdanlivý obraz kaustiky RO...skutočný obraz kaustiky

Poznámka: Aby bolo možné získať väčšiu oblasť, v ktorej D rastie s rastom r_0 , je potrebné použiť väčšiu vzdialenosť z_1 ($r^* \approx |z_1|^{2/5}$)

Literatúra:

- [1] Manogg P.: Anwendung der Schattenoptik zur Untersuchung des Zerreissvorgangs von Platten, Freiburg 1964
- [2] Kalthoff J.F.: Shadow optical Method of Caustics, 1987
- [3] Rosakis A.J. a Zehnder A.T.: On the Method of Caustics: An Exact Analysis Based on Geometrical Optics, J. of Elast., 1985