

MIKROSKOPICKÁ FOTOGRAMMETRIE A JEJÍ UŽITÍ K ANALÝZE DEFORMACÍ VE STRUKTUŘE MATERIÁLŮ

^xBerka, L., ^{xx}Růžek, M., ^xFiala, Z.

^xÚstav teoretické a aplikované mechaniky ČSAV, Vyšehradská 49,
128 49 Praha 2
^{xx}Fakulta stavební ČVUT, Thákurova 7, 160 00 Praha 6

Výsledné mechanické vlastnosti materiálů jsou ovlivňovány strukturou prostřednictvím polí mikronapětí a mikrodeformací. Jejich studium je proto východiskem k poznání mikrodeformačních mechanismů, jimiž se utváření makroskopických materiálových charakteristik řídí.

Po analýze předností a nevýhod fotogrammetrie pro daný problém a po zhodnocení fyzikálních zdrojů záření používaných k pořizování fotogrammetrických snímků byla vyvinuta na jejím principu metoda použitelná pro měřické účely v oblasti mikroobjemů /viz. tabulka/.

Fotogrammetrie	Záření		
	Světelné	Elektronové	Roentgenové
Topografická	●	-	-
Netopografická	●	-	●
Mikroskopická	0	0	-

● - používané modifikace, 0 - rozvíjené modifikace

Protože velká hloubka ostrosti optického systému rastrovacích elektronových mikroskopů /Scanning electron microscopes SEM/ umožňuje pořídit dostatečně ostré a kontrastní snímky mikroobjektů, soustředila se pozornost A.Boyde /1/ na použití SEM k pořízení dvojice stereofotogrammetrických /SFGM/ snímků mikroobjektů a stanovení jejich prostorových rozměrů. Stereofotogrammetrické snímky mikroobjektu pořízené v SEM však vykazují zkreslení, spočívající v elektrooptickém systému mikroskopu, které nelze odstranit, a proto se použití SFGM při rekonstrukci tvaru a rozměrů mikroobjektů dosud příliš nerozšířilo.

Podmínky pro zobrazení mikroobjektů se zjednoduší u rovinných obrazců a při určení změn jejich rozměrů, tj. deformací způsobenou účinkem vnějších sil, teplotou a pod. V těchto případech lze k pořízení fotogrammetrických snímků použít i optický mikroskop a měření provést metodou fotogrammetrie s časovou základnou. Snímky, jež se pořizují ve sledu za sebou, se musí pořídít za stejných podmínek, tzn. při stejné vzájemné orientaci a poloze vzorku a mikroskopu /deformace se neuplatňuje/. Za předpokladu, že se v konečném časovém intervalu zobrazovací vlastnosti mikroskopu nemění, je možné určit relativní změny mikroobjektu nezávisle na způsobu zobrazení, tzn. i při zkreslení obrazu, /Obr.1/.

K vyhodnocení deformací materiálových struktur z mikroskopických snímků je používán stereokomparátor ZEISS Stecometer. Princip činnosti přístroje spočívá ve vyvolání umělého stereoskopického vjemu a ve vizuální koincidenci identifikačních bodů z obou snímků, za něž mohou být užity i povr-

chové strukturní defekty. Podle podmínek, jež se na fotografických snímcích vložených do stereokomparátoru jeví pro koincidencei nejvhodnější, jsou měřeny souřadnice $\tilde{x}$ a $\tilde{y}$ a paralaxy p_x a p_y . Souřadnice $\tilde{x}$ a $\tilde{y}$ vypočteme ze vztahů

$$\tilde{x} = \tilde{x}' - p_x, \quad \tilde{y} = \tilde{y}' - p_y.$$

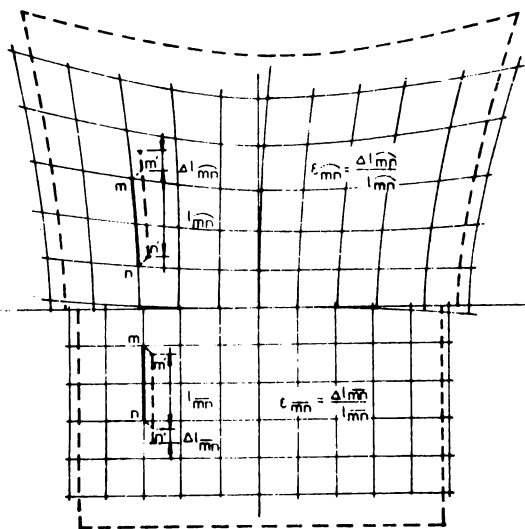
Přetvoření se pak stanoví z hodnot paralax za použití afinní transformace, /Obr.2/

$$\tilde{x}_i'(N) = a_{ik} \tilde{x}_k(N),$$

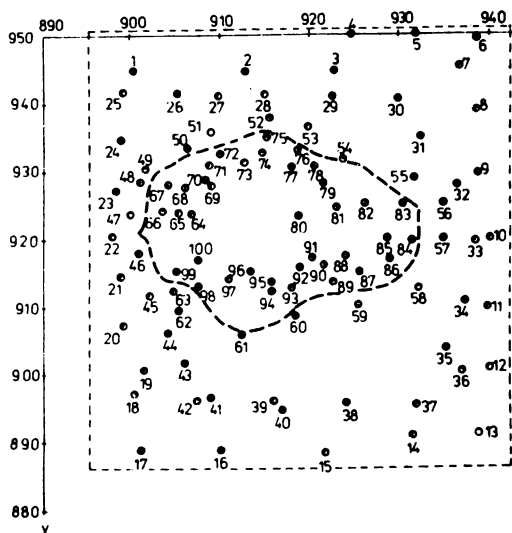
kde $\tilde{x}_i'$ jsou souřadnice N bodů na snímku nedeformovaného vzorku a $\tilde{x}_k$ jsou souřadnice bodů na snímku deformovaného vzorku. a_{ik} jsou koeficienty afinní transformace vypočítané s použitím standardního algoritmu /2/. S použitím základních vztahů teorie deformace se s použitím hodnot a_{ik} , reprezentujících v oblasti pokryté množinou bodů N gradient deformace, vypočítají složky tenzorů deformace a rotace

$$e_{ij} = 1/2 (a_{ik}a_{kj} - \delta_{ij}), \quad \omega_{ij} = 1/2 (2a_{ij} - a_{ik}a_{kj} - \delta_{ij}).$$

Pro využití vysoké přesnosti této metody i v mikroskopické fotogrammetrii je nezbytné pořizovat kvalitní fotogrammetrické snímky a nanášet umělé identifikační body o velké ostroty a kontrastu na povrch zkušební vzorku. Současná úroveň techniky dovoluje splnit tyto požadavky, čímž jsou vytvořeny podmínky k měření deformací v mikrostruktuře materiálů a tím i k prohloubení poznatků o jejich deformačních mechanizmech, /3/.



Obr. 1.



Obr. 2.

Literatura

- /1/ Boyde, A., Ross, H.F., Photogrammetric Record, 8(46), 1975, 408
- /2/ Charamza, K., Válková, E., GEOLIB I, ser. TR, VÚGTK Prague, 1981
- /3/ Berka, L., et al., Proc. 9th Int. Conf. on Exp. Mech., August 20-24, Copenhagen, 1990, 609