



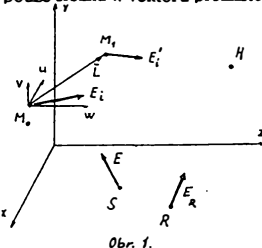
DETERMINATION OF THERMAL DEFORMATION OF MINERAL GRAIN AND CEMENT BY MEANS OF MICROHOLOGRAPHIC INTERFEROMETRY
STANOVENÍ TEPLOTNÍCH DEFORMACÍ MINERÁLOVÉHO ZRNA A POJIVA MIKROHOLOGRAFICKOU INTERFEROMETRIÍ

Kopečný J.

ABSTRACT: Paper deals with measurement of the small deformation of mineral grains subjected to temperature changes. Two microholographic interferometry methods are described. The combination of both methods enables to determine all components of the displacement vector. The results are documented by the records of reconstructed holograms.

ÚVOD.

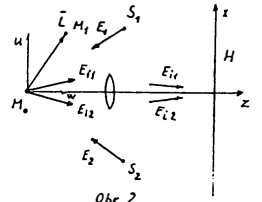
V práci [1] bylo referováno o užití holografické mikrointerferometrie pracující se zvětšením obrazu pro určení průběhu deformačních polí v okolí minerálového zrna horninového vzorku v důsledku teplotních změn vzorku. Šlo o zveřejnění prvních výsledků získaných na holografické sestavě speciálně sestavené tak, aby registrovala pouze složku v vektoru přemístění L (Obr.1.), tedy deformaci povrchu vzorku ve směru pozorování, který byl kolmý k povrchu vzorku. Slovo vlastně o "mapování" reliéfu povrchu, původně rovinného, deformovaného napětími vzniklými jako výsledek různé teplotní roztažnosti jednotlivých komponent struktury. Tyto informace jsou sice cenné, ale pro určování vnitřních napětí je nutné též znát zbývající složky u , v v vektoru $L(u,v,w)$. Holografická sestava byla tudíž modifikována tak, aby umožňovala zjistit deformace ležící v rovině povrchu vzorku.



METODY MĚŘENÍ.

Byla zvolena metoda dvousvazkového holografického interferometru bez referenční vlny se dvěma vlnami informačními [2], schéma je na Obr.2. Toto uspořádání pracuje se dvěma osvětlovacími svazky S_1 a S_2 , které jsou symetrické vůči směru pozorování (osa z). V místě vzniku holografického záznamu H nám vznikají dva holografické obrazy, jeden superpozicí informační vlny E_{11} vzniklé difúzním odrazem osvětlovací vlny E_1 na povrchu vzorku a druhé informační vlny E_{12} vzniklé odrazem osvětlovací vlny E_2 .

Tento obraz odpovídá stavu vzorku před deformací. Opakujeme-li holografický záznam vzorku po deformaci na stejné záznamové médium, skládají se vlny E_{11} a E_{12} . Při rekonstrukci hologramu pozorujeme obraz vzorku pokrytý systémem interferenčních proužků u , který je citlivý pouze na změny vzorku ve směru osy y , tedy registruje složku v vektoru přemístění, kterou můžeme vypočítat ze vztahu



$$2 v \sin \phi = N_1 \lambda \quad (1)$$

Otočíme-li osvětlovací systém o 90° , tj osvětlovací svazky budou ležet v rovině yz , pak interferenční systém zaznamenává změny ve směru osy x , tj. složku u vektoru přemístění danou vztahem

$$2 u \sin \phi = N_2 \lambda \quad (2)$$

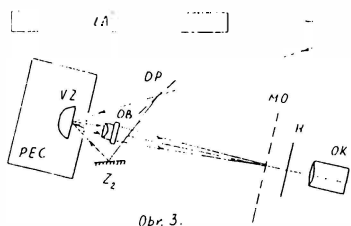
Principiálně máme tedy metodu umožňující jednoduše vypočítat deformace ve dvou kolmých směrech ležících v rovině povrchu vzorku. Je však třeba si uvědomit, že N_1 a N_2 je počet proužků od místa nulové deformace. Toto místo se však obtížně stanovuje. Proto bude nutné použít metody nosné prostorové frakvence, kdy se zavádí vedle fázové změny dané deformací vzorku další kontrolovaný fázový posuv způsobený rotací odrazného zrcadla v jedné z osvětlovacích větví sestavy. Tato rotace vyvolá dodatečný systém rovinnoběžných interferenčních proužků, který je modulován fázovými změnami vyvolanými deformací vzorku. Tento způsob jednak odstraňuje neurčitost

znaménka změny fáze, jednak umožňuje určit z lokálních odchylek proužkového systému odpovídající deformace vzorku. Navíc je tento postup výhodný pro další počítačové vyhodnocení deformačních polí [3].

MĚŘICÍ SESTAVA.

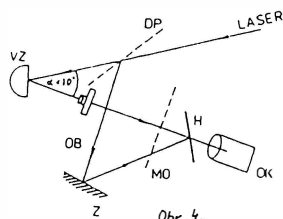
V posledních dvou letech byla prováděna měření na sestavě, jejíž schéma bylo publikováno v [1] a která, jak už bylo řečeno, vlastně zobrazuje reliéf vzniklý po deformaci povrchu. Byla odzkušována i modifikovaná sestava, která se liší pouze vyřazením referenčního svazku a zavedením druhého osvětlovacího svazku, symetricky situovaného k prvnímu. Schéma této sestavy je na Obr.3. Protože výsledky dosažené na poslední verzi sestavy nejsou ještě publikovatelné, v dalším se budu zabývat verzí předchozí.

Měřicí aparatura se skládá ze tří částí. Prvou část tvoří muflová pec s automaticky řídanou nastavitelnou teplotou, upravená pro vstup (vstupy) osvětlovacího laserového svazku a výstup informační vlny, nesoucí informace o stavu povrchu vyšetřovaného vzorku pro holografický záznam. Problém snímání obrazu vzorku uzavřeného v termostatované peci byl nakonec vyřešen navrtáním otvoru 3 mm do dvířek pece z uhlíkové desky pro vstup osvětlovacího svazku a otvoru 4 mm pro výstup informační vlny. Druhý otvor je prakticky uzavřen prvními členy objektivu holografického mikroskopu.



Obr. 3.

(Obr. 4.)



Obr. 4.

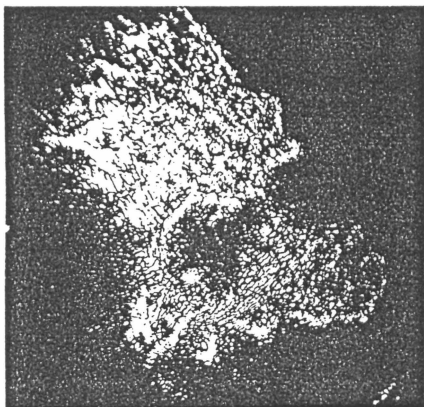
zcni a pod.,

Na této sestavě je možné provádět i rekonstrukci obrazu, pokud nahradíme polopropustné zrcadlo DP odrazným zrcadlem. Vizualní pozorování je možné pomocí okuláru OK, pro fotografický záznam výsledků pak bylo použito mikrofotografického zařízení, které umožňuje jak vizualní kontrolu obrazu, tak fotografický záznam.

UKÁZKY VÝSLEDKŮ.

Měřicí sestavy byly proměřovány pískovcové vzorky. Měřené plochy byly vybrušeny a vyleštěny do optického lesku. Bylo nasnímáno celkem 68 hologramů, z nichž pak byla vybrána typická místa a zaznamenána na klasický fotografický film. Některé záznamy jsou na Obr.5. až Obr.10. Všechny byly pořízeny s celkovým zvětšením 40 x.

Na snímcích Obr.5. až Obr.7. je vidět záznam jednoho místa vzorku, pořízeného za různých podmínek. Teplotní změna mezi dvěma expozicemi u snímků 5 a 6 byla 380 K, resp. 320 K, a u snímku 7 byla 220 K. Je to markantně pozorovatelné u horního zrna, kde hustota proužků je u posledního snímku nižší (menší deformace). Na těchto snímcích je též patrný vliv různých materiálů.



Obr. 5.

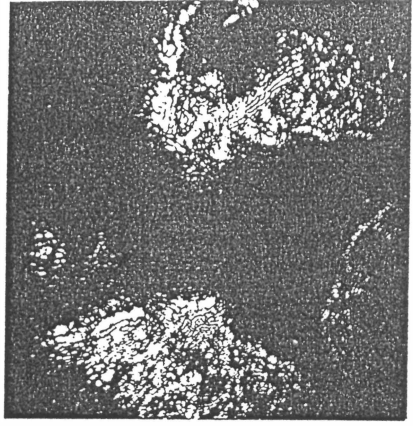
Horní zrno se asi dvakrát méně deformuje než zrno spodní, které má tedy dvakrát větší koeficient tepelné roztažnosti. Vyhodnocením snímků lze tento koeficient přesně spočítat uvážíme-li, že změna o jeden proužek je ekvivalentní délkové změně 314 nm.

Na Obr.8. a Obr.9 jsou snímky téže trojice velmi blízce uložených zrn scimutých na dva různé hologramy. V prvním případě teplotní interval je 615 K, ve druhém 645 K. Je patrná dobrá reprodukovatelnost měření. Na obou snímcích je vidět v levém spodním zrnu mnohonásobně větší deformace ve středu zrna. Směrem k okraji je deformace menší, dochází zřejmě k pohlcení deformačního napětí prostředím obklopujícím zrno.

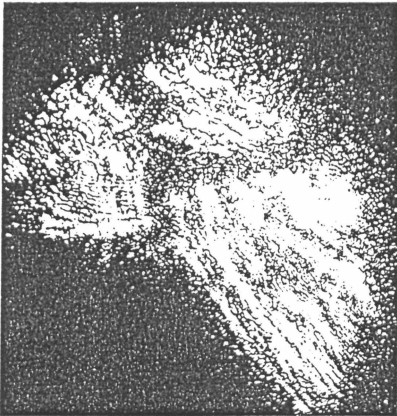
Obr.10. je pak zajímavá velkou deformační oblastí mezi dvěma zrny (tmavá oblast). Snímek dokumentuje silnou absorpční schopnost pojiva mezi zrny. Malé zrno v pravé části snímku pak ukazuje na schopnost některých, zejména malých zrn plavat v pojivu. Systém interferenčních proužků totiž ukazuje, že sice došlo k lokálním deformacím (nerovnoměrná hustota proužků), ale také, že se zrno jako celek posunulo.



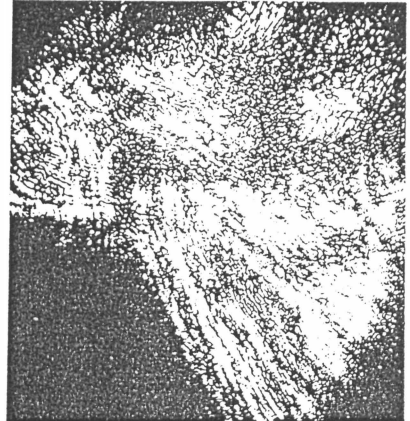
0br.6.



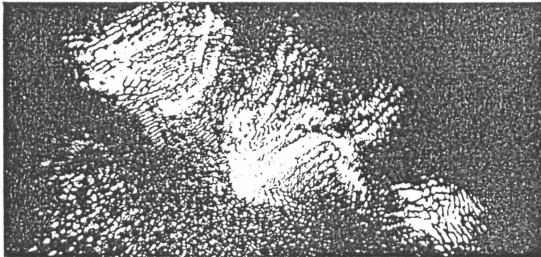
0br.7.



0br.8.



0br.9.



0br.10.

VÝHLED.

V dalším je nutné na přesně materiálově definovaných vzorcích (mineralogie, stereologie, přednostní orientace komponent) určit, která komponenta struktury funguje jako koncentrátor napětí a která z komponent je schopna napětí pohlcovat. Dále je pak nutné přikročit k digitizaci obrazu a k následnému počítačovému zpracování.

LITERATURA.

- [1] Kopečný, J.: Deformační pole v okolí minerálového zrna horninového vzorku. EAN 91. Bratislava 1989, s. 13-14.
- [2] Balaš, J.-Szabó, V.: Holografická interferometria v experimentálnej mechanike, Veda, Bratislava 1986
- [3] Kopečný, J.-Bínek, Z.: Stanovení vnitřních nehomogenit vzorků. In: Výzkum vybraných fyzikálních a geotermických vlastností hornin. Záv. zpráva VU II-6-1/0.5.07. VSB Ostrava 1990.

Jan Kopečný / Doc., RNDr., CSc.

Katedra fyziky, Hornicko geologická fakulta Vysoké školy báňské v Ostravě / Tř.17.listopadu, 708 33 Ostrava-Poruba

42 69 4243361 / 42 69 448589