EAN '94

32th Conference of Experimental Stress Analysis
32. konference o experimentální analýze napětí
30. 5. - 2. 6. 1994 VŠST Liberec Czech Republic

SOME RESULTS OF MEASUREMENT OF INTERNAL STRUCTURE DEFORMATIONS OF ROCK MATERIALS DURING THERMAL CHANGE

NĚKTERÉ VÝSLEDKY MĚŘENÍ DEFORMACÍ VNITŘNÍ STRUKTURY HORNINOVÉHO MATERIÁLU PŘI TEPLOTNÍ ZMĚNĚ

Kopečný J.

ABSTRACT:

Paper deals with concrete holographic measurement of the small deformations of rock samples subjected to temperature changes. Combined system of illumination enables to determine the compelete displacement vector. The measurement results are documented.

ÚVOD.

V práci [1] bylo pojednáváno o možnostech měření malých deformací horninových vzorků vzniklých jako důsledek teplotních změn. Bylo poukázáno na možnost stanovit všechny tři složky vektoru přemístění L(u,v,w). Přemístění w ve směru osy z kolmém na rovinu povrchu vzorku je na našem pracovišti určováno měřící sestavou popsanou v práci [2]. Z hlediska následného výpočtu napětí vzniklých ve vzorku po teplotních změnách je však nutné určit zbývající složky vektoru přemístění - u (ve směru osy x) a v (ve směru osy y) ležící v rovině povrchu vzorku. Také princip tohoto měření již byl popsán a to v práci [1].

Za uplynulý rok byly na postavené aparatuře získány první výsledky a zejména byla zvládnuta metodika výpočtu jednotlivých složek vektoru přemístění.

METODA MĚŘENÍ

Jak bylo uvedeno v práci [1], stanovuje se složka w sestavou založenou na ztotožnění směru osvětlovacího svazku a směru pozorování. Pro určení složky v (práce [2]) používám dvojsvazkového interferometru bez referenční vlny, ale se dvěma symetrickými osvětlovacími vlnami a dvěma difuzně odraženými informačními vlnami. Použije-li se pak metoda dvojí expozice, získáme vedle holografického obrazu vzorku i systém interferenčních proužků odpovídajících přemístění jednotlivých bodů vzorku mezi dvěma expozicemi (při rozdílných teplotách) ve směru kolmém na rovinu tvořenou směry osvětlení.

Velikost přemístění v je dáno vztahem

$$2\,v \sin \varphi = N_v \lambda \qquad (1)$$

kde úhel φ je úhel mezi směrem osy z a směrem osvětlení, λ je použitá vlnová délka a N_v je počet interferenčních proužků od místa nulové deformace k vyšetřovanému místu.

Obdobným způsobem určíme i druhou složku u, přemístění v ve směru osy x, musíme však volit dvojici osvětlovacích svazků ležící v rovině yz. Velikost přemístění u je nyní dána vztahem

$$2\,u \sin \varphi' = N_u \lambda \qquad (2)$$

kde φ' je stejně definovaný úhel jako v předešlém případě i N_u a λ mají stejný význam.

V praxi je obtížné určit místo nulové deformace. V práci [2] navržená metoda nosné prostorové frekvence se neosvědčila vzhledem ke značnému zkomplikování měřící aparatury. Proto byly použity dva způsoby odečítání proužků:

a) Při vyšetřování deformací horninových zrn - většinou jde o zhruba středově symetrické útvary - při tepelné deformaci je střed zrna (pokud nedošlo k posuvu zrna jako celku) vlastně místem nulové deformace (když abstrahujeme od deformace ve směru kolmém na rovinu vzorku). V tomto případě je možné stanovit absolutní velikost přemístění v jednotlivých bodech využitím vztahů (1) a (2).

b) Pokud není možné nalésti místo nulové deformace, pak se stanovuje relativní přemístění a to následujícím způsobem. Nechť hledáme relativní deformaci mezi dvěma body A a B. Podle vztahu (1) platí pro přemístění v bodě A

$$2\, v_A \sin\varphi = N_{vA}\, \lambda, \tag{3}$$

a pro přemístění v bodě B pak

$$2\, v_B \sin\varphi = N_{vB}\, \lambda, \tag{4}$$

kde N_{vA} a N_{vB} jsou počty proužků k jednotlivým bodům od místa nulové deformace. Odečteme-li obě poslední rovnice od sebe, dostaneme vztah pro relativní deformaci mezi body A a B ve tvaru

$$2\,(v_B - v_A) \sin\varphi = (N_{vB} - N_{vA})\, \lambda,$$

nebo po úpravě

$$2\, \Delta v \sin\varphi = \Delta N_v\, \lambda, \tag{5}$$

kde Δv je realtivní přemístění objektu mezi body A a B a ΔN_v je počet proužků odečtený mezi těmito body. Stejným způsobem získáme vztah pro relativní přemístění ve směru kolmém, tedy Δu :

$$2\, \Delta u \sin\varphi' = \Delta N_U\, \lambda \tag{6}$$

MĚŘÍCÍ APARATURA

V měřící aparatuře [2] nebylo prováděno otáčení osvětlovacích systémů o 90^0, ale systémem zrcadel byly realizovány dva na sebe kolmé systémy dvojic symetrických osvětlovacích svazků. Primární svazek z laseru byl otočným zrcadlem nejdříve nasměrován do prvého osvětlovacího systému ležícího v rovině xz a byla provedena prvá expozice při výchozí teplotě na jednu polovinu holografické desky. Okamžitě byl otočným zrcadlem nasměrován světelný svazek do osvětlovacího systému ležícího v rovině yz a provedena prvá expozice na druhou polovinu holografické desky. Pak byl vzorek vyhřát na požadovanou teplotu a celý postup se opakoval.

Výsledkem celého postupu byly dva dvouexpoziční holografické záznamy na jedné desce. Na prvé polovině holografické desky jsme získali hologram vzorku s interferenčními proužky registrujcícími přemístění v ve směru osy y, na druhé polovině desky pak byl záznam vypovídající o přemístění u ve směru osy x.

VYHODNOCENÍ ZÁZNAMU

Jak už bylo řečeno, z hlediska dalšího zkoumání vzorků, zajímají nás pouze složky vektoru přemístění ležící v rovině povrchu vzorku, tedy u a v. Dvojice hologramů získaných výše popsaným postupem byly vyfotografovány a vyhodnocovány. Na snímku vzorku byly vybrány body zájmu (zpravidla na úsečce) a vyhodnocovány. Sestava byla volena tak, že osvětlovací směry svíraly spolu úhel 30^0, tedy úhly φ a φ' byly 15^0. Při použité vlnové délce 632.8 nm nabudou vztahy (3) a (4) resp. (5) a (6) praktického tvaru

$$v = 1222.5\, N_v\,, \qquad v = 1222.5\ \ N_v, \qquad [\mathrm{nm}] \tag{7}$$

respektive

$$u = 1222.5\, N_u\,, \qquad u = 1222.5\ \ N_u. \qquad [\mathrm{nm}] \tag{8}$$

Z fotografií odečtené hodnoty vzdáleností vyšetřovaných bodů y (x) a počty proužků N_u (N_v) byly uloženy do počítače a zpracovány. Výsledky jednoho takového vyhodnocení je možné vidět v příloze.

Obr.1a ukazuje interferogram registrující přemístění ve směru y. Na obrázku je vidět zvolené místo nulové deformace označené O, byly vyšetřovány jednotlivé body odpovídající průsečíkům vyznačeného zvoleného směru s interferenčními proužky. Vzdálenosti bodů měřené přímo na fotografii jsou v tabulce označeny "mer.y", jejich skutečné hodnoty pak jsou označeny "y". Příslušné počty proužků k jednotlivým bodům jsou označeny jako "Nv" a absolutní hodnota přemístění bodů "v".

Obr. 1b ukazuje interferogram téhož vzorku určující přemístění ve směru osy x. Vyznačená čára odpovídá soustavě hodnocených bodů z Obr. 1a. Hodnoty přemístění jsou uvedeny v tabulce pod symbolem "u". Symbolem "r" je pak udána hodnota celkového přemístění bodů v rovině xy ($r^2=u^2+v^2$). V posledním sloupci tabulky je uveden "relativní posun", tj. poměr přemístění mezi jednotlivými body a jejich vzájemné vzdálenosti.

Konečně na grafech je znázorněna závislost posunutí jednotlivých bodů a celkové posunutí jednotlivých bodů v závislosti na absolutní vzdálenosti jednotlivých bodů od místa nulové deformace.

Z grafů je vidět, že k největší deformaci dochází zhruba uprostřed vyšetřované přímky. Ke konci přímky (u okraje) se zřejmě projevuje relaxace vlivem obklopujícího pružného prostředí pojiva.

LITERATURA

[1] Kopečný, J.: Stanovení teplotních deformací minerálového zrna a pojiva mikroholografickou interferometrií. EAN 93, Praha 1993, 163-6

[2] Kopečný, J.: Deformační pole v okolí minerálového zrna hominového vzorku. EAN 91. Bratislava 1991, 13-4

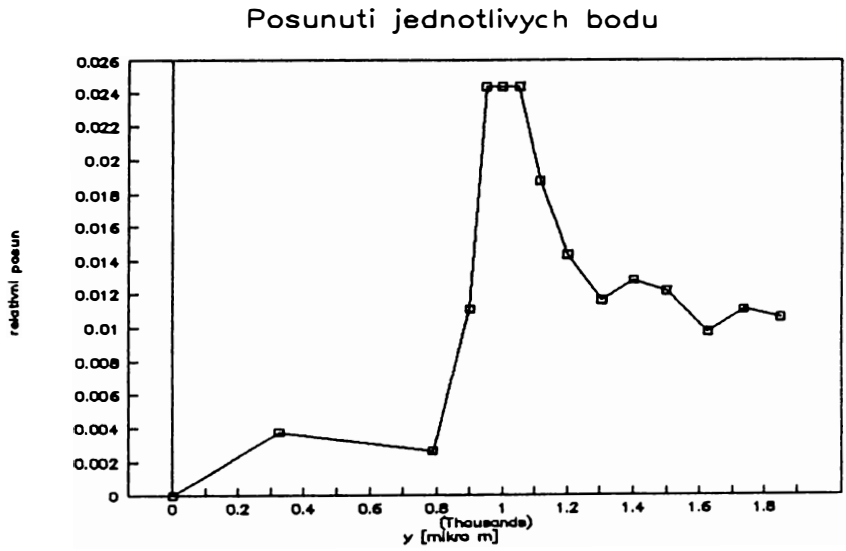
VYPOCET VEKTORU PREMISTENI

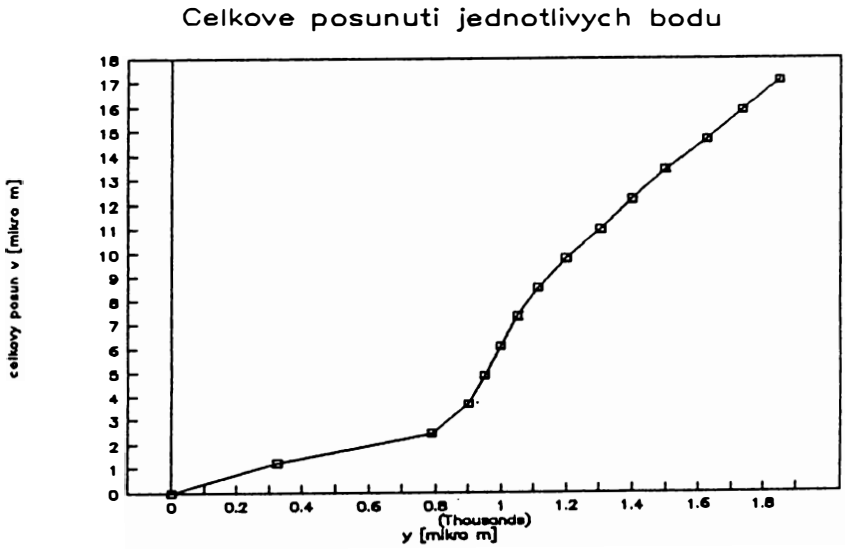
VZOREK : 12/93 DATUM: 13.9.93

n	Nv	v mikro m	Nu	u mikro m	r mikro m	mer. y mm	y mikro m	relativ. posun
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1	1.22	0.2	0.244	1.244160	6.5	325	0.003753
3	2	2.44	0.2	0.244	2.452169	15.8	790	0.002623
4	3	3.66	0.2	0.244	3.668124	18	900	0.011090
5	4	4.88	0.2	0.244	4.886096	19	950	0.0244
6	5	6.1	0.2	0.244	6.104878	20	1000	0.0244
7	6	7.32	0.3	0.366	7.329144	21	1050	0.0244
8	7	8.54	0.3	0.366	8.547839	22.3	1115	0.018769
9	8	9.76	0.4	0.488	9.772192	24	1200	0.014352
10	9	10.98	0.5	0.61	10.99693	26.1	1305	0.011619
11	10	12.2	1	1.22	12.26084	28	1400	0.012842
12	11	13.42	1	1.22	13.47534	30	1500	0.0122
13	12	14.64	1	1.22	14.69074	32.5	1625	0.00976
14	13	15.86	1	1.22	15.90685	34.7	1735	0.011090
15	14	17.08	1	1.22	17.12351	37	1850	0.010608

Obr. 1a

Obr. 1b





Jan Kopečný / Doc.,RNDr.,CSc.
VŠB - HGF, Katedra fyziky / Tř.17.listopadu, 708 33 Ostrava
069 699 3361 / 069 691 8589