



30th Conference of Experimental Stress Analysis
 30. konference o experimentální analýze napětí
 2. - 5. 6. 1992 ČVUT Praha Czechoslovakia

**OPTICAL DIFFRACTION MEASUREMENT OF THE MICROSTRUCTURAL
 SIZE DISTRIBUTION**

**OPTICKÉ DIFRAKČNÉ MERANIE ROZMEROVEJ DISTRIBÚCIE
 MIKROŠTRUKTÚRY**

Lubomír Mach, Milan Držík

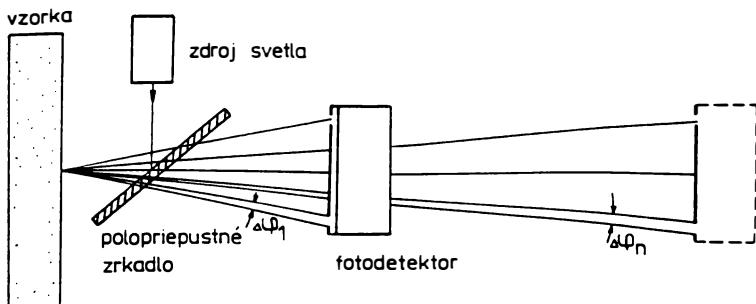
Optical diffraction method for the quantitative measurement of size of grains, dust particles, micro-cracks and other defects was developed. Using the photoelectric sensor, the intensity distribution of diffracted light is recorded and the data of size distribution are extracted numerically by computer.

Keywords : optical diffraction, size distribution

V koherentnej optike sa často využívajú štatistické vlastnosti speckle polí. Okrem častého využitia na meranie drsnosti povrchu boli tieto metódy použité na analýzu mikroštruktúry materiálov [1] a v poslednej dobe i na určenie plastických oblastí v okolí špičky trhliny [2],[3].

Na meranie mikroštruktúry sme vyvinuli difrakčnú metódu, ktorá umožňuje kvantifikovať rozmerovú distribúciu i zmenu mikroštruktúry. Využili sme meranie intenzitného rozdelenia difrakčného haló vo Fourierovskej oblasti, kde je priamo možné použiť aparát Fourierovskej optiky a určiť priestorové frekvencie sledovanej mikroštruktúry.

Vzhľadom na nehomogenity v difrakčnom poli sme realizovali metódu integrálneho snímania intenzity svetla, ktoré umožňuje snímať difrakčné pole po medzikružničiach (obr. 1). Veľkosť



Obr.1

medzikružia prepúšťajúceho svetlo na detektor a poloha detektora určujú snímaný uhlový interval. Zo zaznamenaného signálu pri posuve detektora je možné získať uhlové rozdelenie intenzity difragovaného svetla. Tvar krivky uhlového rozdelenia intenzity svetla difragovaného na mikroštruktúre nesie v sebe informáciu o rozmerovom rozdelení (distribúcii) mikroštruktúry. Vo všeobecnosti to môžu byť prachové častice i mikroštruktúra povrchu. Rozmerovú analýzu difrakčného poľa súboru častic je možné teoreticky odvodiť zo známych vzťahov Fraunhoferovej difrakcie [4]. Pre intenzitné rozdelenie difrakcie na jednej časticke platí:

$$I = I_0 \cdot J_1(k \cdot r \cdot \varphi),$$

kde k je vlnový vektor, r polomer časticie a φ difrakčný uhol. Pre meranú intenzitu rozptýlenú do medzikružia o polomeroch R_A a R_B vo vzdialenosťi z , integráciou získame [5] výraz:

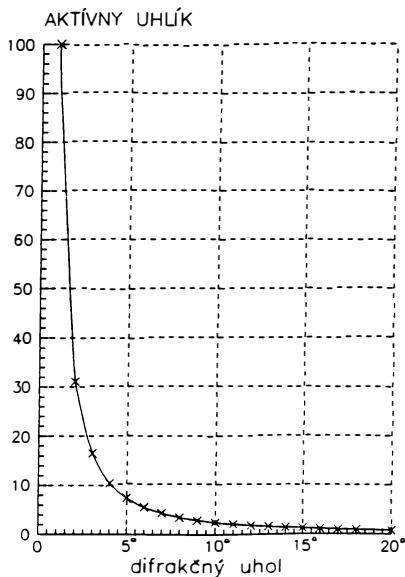
$$I = C \cdot r^2 \left([J_0(k \cdot r \cdot R_A/z)^2 + J_1(k \cdot r \cdot R_A/z)^2] - [J_0^2(k \cdot r \cdot R_B/z)^2 + J_1^2(k \cdot r \cdot R_B/z)^2] \right),$$

ktorý po zovšeobecnení na množstvo rôznych častic N s distribučným rozmerovým rozdelením možno zapisať v tvare:

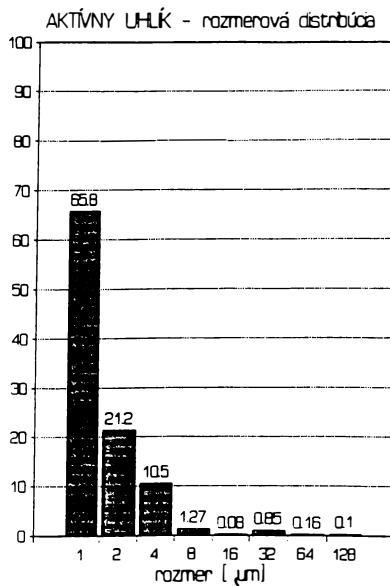
$$I_C(R_A, R_B) = C \sum_i^n N_i \cdot r_i^2 \left[(J_0 + J_1)_R^2 - (J_0 + J_1)_R^2 \right]_A^B$$

Získanie distribučného rozdelenia si vyžadovalo riešenie inverznej úlohy s pomocou iteračných numerických metód.

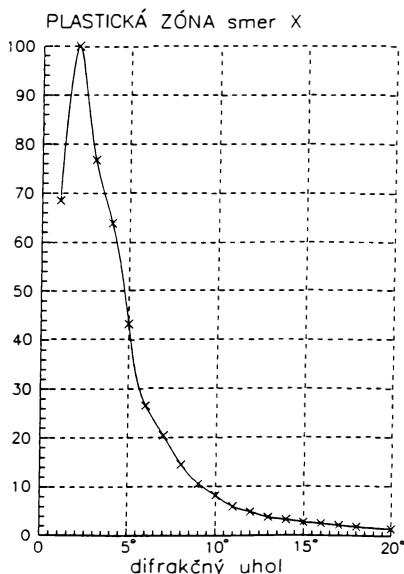
Správnosť metódy bola testovaná na granulometrických prachových štandardoch a numerickým spracovaním boli získané distribučné rozdelenia. Na obr. 2 je uhlové rozdelenie intenzity difragovaného svetla pre vzorku aktívneho uhlíka a na obr. 3



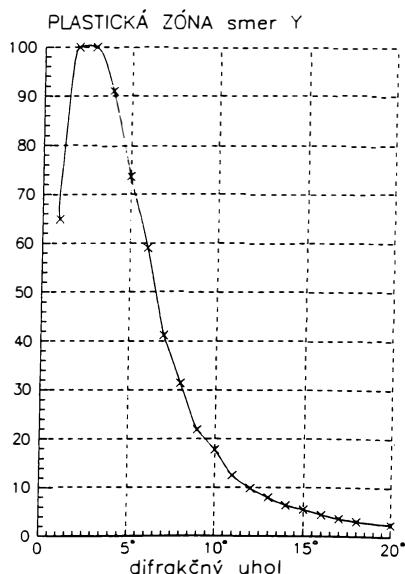
Obr.2



Obr.3



Obr.4



Obr.5

je zodpovedajúca rozmerová distribúcia.

Metódu sme aplikovali na meranie plastickej zóny v okolí špičky trhliny (dĺžka trhliny 12 mm) v oceľovom nosníku.

Pri osvetlení lúčom laseru bola zjavná smerová anizotropia difrakčného poľa. Pri absolútном meraní bolo celkové množstvo rozptýleného svetla v smere osi X (v smere trhliny) výrazne menšie, ako v smere osi Y (smer kolmý na trhlinu), čo dokazuje závislosť difrakčnej účinnosti od narušenia mikroštruktúry. Z dôvodu zvýraznenia tvarových rozdielov boli namerané uhlové rozdelenia intenzity difragovaného svetla nanormované na maximálnu hodnotu 100 (obr. 4, 5). Maximum rozmerového spektra mikroštruktúry zodpovedá asi 40 μm v smere osi X a v smere osi Y sa nachádza v intervale 20 - 40 μm .

Výsledky zodpovedajú fyzikálemu správaniu sa mikroštruktúry povrchu. Počet defektov sa pri zatažení zvyšuje, čo sa kvantitatívne prejavuje zmenou difrakčnej účinnosti. Kvalitativná zmena tvaru uhlového rozdelenia intenzity difragovaného svetla obsahuje informáciu o štatistickom rozmere mikrodefektov.

Uvedená metóda má za konečný cieľ umožniť sledovať zmeny mikroštruktúry na rôznych miestach plastickej zóny pomocou zmien v rozptylových diagramoch.

LITERATÚRA:

- [1] J.Holoubek, H.Krug : Laser speckle techniques: Application in polymer physics, Macromol.Chem., Macromol.Symp., 18, 1988
- [2] Y.Z.Dai, C.J.Tay, F.P.Chiang: Determination of the Plastic Zone by Laser-speckle Correlation, Exp.Mech.,31, (12), 1991
- [3] L.Hadjikov a kol.: Application of Double-Exposure Speckle Photography and Some Numerical Methods to the Solution of Elastoplastic Problems, Res. Mechanica, 20, 1987
- [4] J.W.Goodman : Introduction to Fourier Optics, McGraw Hill, 1968
- [5] J.Cornillault: Particle Size Analyzer, Appl. Optics, 11, (2), 1972

Mgr. Ľubomír Mach, Mgr. Milan Držík, CSc.

ÚSTARCH SAV, 842 20 BRATISLAVA

tel. 07 378 2898