

# Pokroky matematiky, fyziky a astronomie

---

Ivo Kraus

O možnosti měření mechanických napětí metodou energiově disperzní difraktografie

*Pokroky matematiky, fyziky a astronomie*, Vol. 34 (1989), No. 2, 106--107

Persistent URL: <http://dml.cz/dmlcz/137577>

## Terms of use:

© Jednota českých matematiků a fyziků, 1989

Institute of Mathematics of the Academy of Sciences of the Czech Republic provides access to digitized documents strictly for personal use. Each copy of any part of this document must contain these *Terms of use*.



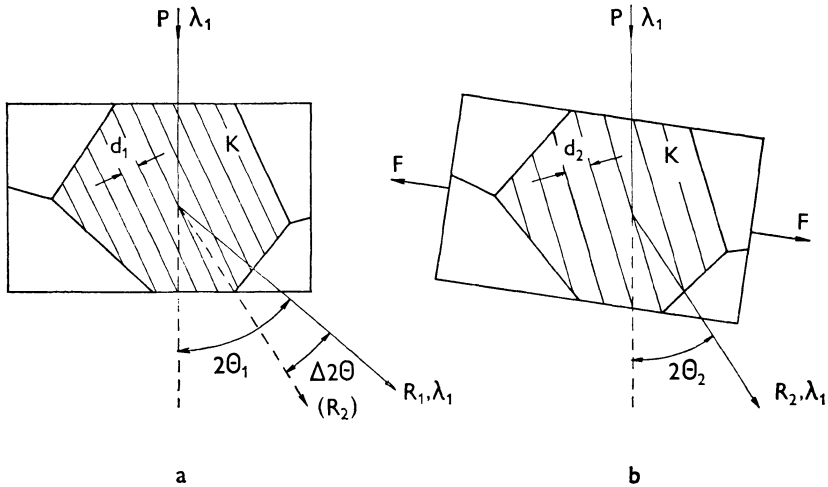
This paper has been digitized, optimized for electronic delivery and stamped with digital signature within the project *DML-CZ: The Czech Digital Mathematics Library* <http://project.dml.cz>

# O možnosti měření mechanických napětí metodou energiově disperzní difraktografie

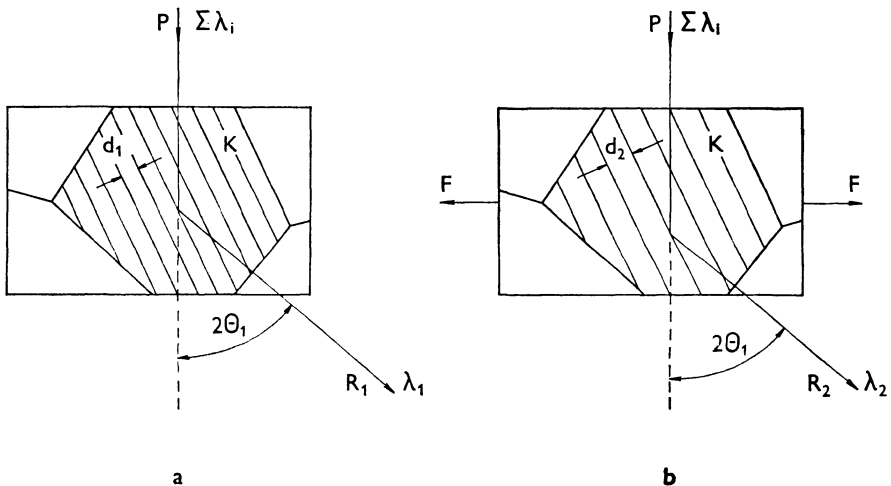
Ivo Kraus, Praha

Jedním z nejdůležitějších kritérií spolehlivosti a bezpečnosti provozu strojních součástí je strukturální stabilita materiálu. Její změny se velmi často projevují jako relaxace napětí. K nedestruktivní dia-

gnostice napěťových stavů se využívají především metody rentgenové difrakce [1]. Princip tohoto způsobu experimentální analýzy napětí spočívá v přesném měření mřížkových deformací, vyvolaných



Obr. 1. Princip úhlově disperzní metody měření mřížkových deformací



Obr. 2. Princip vlnově (energievě) disperzní metody měření mřížkových deformací

v krystalcích polykrystalické látky působením vnějších nebo vnitřních sil, a jejich přepočtu na napětí pomocí vztahů teorie elasticity.

Rentgenová tenzometrická metoda vychází z Braggovy rovnice  $\lambda = 2d \cdot \sin \Theta$ , v níž symbolem  $\lambda$  označujeme vlnovou délku použitého rentgenového záření dopadajícího pod úhlem  $\Theta$  na atomové mřížkové roviny o vzájemné vzdálenosti  $d$ . Až donedávna se hodnoty  $d$  určovaly výhradně monochromatickým zářením ( $\lambda = \text{konst}$ ) na základě stanovených difrakčních úhlů  $\Theta$ . Podstata metody je zřejmá z obr. 1, kde uvažujeme polykrystalický materiál a v něm určitý krystalek  $K$  s rovinami o vzdálenosti  $d_1$  (obr. 1a). Mají-li paprsky primárního svazku  $P$  takovou vlnovou délku  $\lambda_1$ , aby při uvedeném geometrickém uspořádání platila Braggova rovnice, dojde k zesílení rozptýleného záření ve směru  $2\Theta_1$  ( $R_1$ ). Jestliže se vzdálenost  $d_1$  změní na  $d_2$ , musí mít úhel  $\Theta$  novou hodnotu  $\Theta_2$ . Pokud zůstane orientace svazku  $P$  zachována, bude rozptyl na uvažovaných rovinách krystalku  $K$  podmíněn otočením vzorku o úhel  $\Delta\Theta = \Theta_2 - \Theta_1$ ; detektor rozptýlených paprsků změní při tom svou polohu ze směru  $R_1$  do  $R_2$ , tj. o  $\Delta 2\Theta$ . Techniku měření mřížkových deformací, při níž se otáčí vzorek i detektor, nazýváme úhlově disperzní.

V posledních letech byly provedeny difrakční tenzometrické experimenty, jejichž podstatou je analýza energií fotonů difraktovaného záření (obr. 2). Předpokládáme, že u vzorku s uvažovaným krystalkem  $K$  se stejně jako v předcházejícím případě změní vzdálenost  $d_1$  na  $d_2$ . Rozdíl je však v tom, že svazek  $P$  obsahuje spojitě záření, tj. superpozici různých vlnových délek. Pokud se v tomto spektru najdou vlnové délky  $\lambda_1, \lambda_2$  vyhovující Braggově

rovnici, budou paprsky  $R_1$  i  $R_2$  rozptýleny od původního směru  $P$  pod stejným úhlem  $2\Theta_1$ . Použijeme-li detektor schopný rozlišovat energie difraktovaných paprsků, lze změnu mezivírovinné vzdálenosti určit jako změnu vlnové délky, resp. jako změnu energie  $E \sim \lambda^{-1}$  difraktovaných fotonů. Tato „energieově disperzní“ metoda měření napětí má proti úhlově disperzní rentgenové tenzometrii dvě přednosti:

– Žádná součást měřicího zařízení není při experimentu pohyblivá; zdroj záření, vzorek ani detektor svou polohu nemění. Tím se snižují nároky na přesnost výroby jednotlivých částí přístrojů a zároveň vzrůstá spolehlivost i reprodukovatelnost měření.

– Paprsky krátkovlnné oblasti spojitěho spektra mohou pronikat až do vzdálenosti několika mm pod povrch kovových materiálů, tj. získaná informace o stavu krystalové mřížky „přichází“ ze vzdálenosti cca tisíckrát větší než v případě charakteristického záření používaného při úhlově disperzní rentgenografii.

K měření napětí technikou energieově disperzní difraktografie je třeba mít k dispozici zdroj intenzivního spojitěho rentgenového spektra a vhodný detektor, např. germaniový [2].

Tato nová tenzometrická metoda byla již úspěšně využita k nedestruktivní analýze průběhu zbytkových napětí v okolí svarů ocelového potrubí aljašského ropovodu [3].

#### Literatura

- [1] KRAUS I., TROFIMOV V. V.: *Rentgenová tenzometrie*. Academia, Praha 1988.
- [2] BLACK D. R., BECHTOLDT C. J., PLACIOUS R. C., KURIYAMA M.: *J. Nondestr. Eval.* 5, 1985, 21.
- [3] BECHTOLDT C. J., PLACIOUS R. C., BOETTINGER E. J., KURIYAMA M.: *Adv. X-Ray Anal.* 25, 1982, 329.