

USAGE OF ELECTROMAGNETIC AND ACOUSTIC EMISSION SIGNALS FOR LOCALIZATION OF CRACKS

Václav Burděj

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xburde00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Pavel Koktavý

E-mail: koktav@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

Terms of acoustic emission and electromagnetic emission are designated as physical effects and also as diagnostic methods based on these effects. These effects are caused by generated cracks in materials that rank among non-destructive techniques of material diagnostics. The advantage of them is that they do not affect the measured object and give us information about the current dynamic state of a tested material. One disadvantage of these effects is that they provide very low energy of signal emissions and make it difficult for broader usage. It is expected better localization of cracks in non-conductive materials by connecting of these two techniques (diagnostics).

1. ÚVOD

Pojmy akustická emise (AE) a elektromagnetická emise (EME) se označují jako fyzikální jevy, a zároveň diagnostické metody založené na těchto jevech. Tyto jevy vznikají při vzniku trhlin v materiálech a řadí se mezi nedestruktivní techniky diagnostiky materiálů. Jejich největší výhodou je, že tyto metody neovlivňují objekt měření a dávají nám informace o momentálním dynamickém stavu testovaného materiálu. Jedinou jejich nevýhodou jsou velmi malé energie signálů emise, což významně ztěžuje jejich širší využití. Spojením těchto dvou technik diagnostiky se předpokládá zpřesnění lokalizace trhlin v nevodivých materiálech.

2. ELEKTROMAGNETICKÁ EMISE

Jev EME je založen na generaci elektromagnetického pole při mechanickém vybuzení látek. Tento jev může být vyvolán jakýmkoliv mechanickým namáháním materiálu. Podstata jevu EME není prozatím uspokojivě vysvětlena. Nejpoužívanější modely vychází z představy, že při vzniku trhlin dochází k nerovnoměrné redistribuci elektrického náboje v materiálu kvůli ztrátě chemických vazeb - tento jev nazýváme elektromagnetickou emisí.

3. AKUSTICKÁ EMISE

Jev AE souvisí s generací a šířením akustických vln v pevných materiálech, které jsou vyvolány náhlým uvolněním energie v materiálu. Tato energie se začne uvolňovat, když se

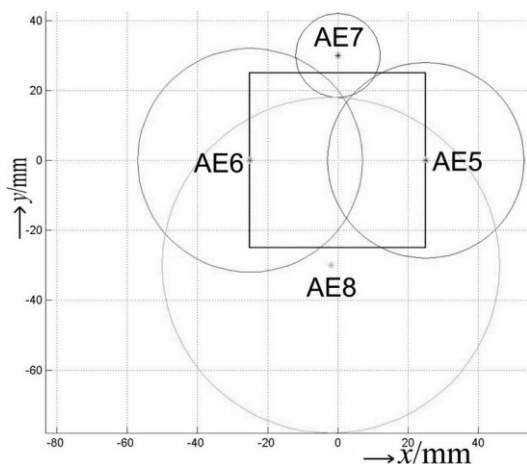
potenciální energie v materiálu změni na kinetickou. Obecně rozumíme akustickou emisí vznik okamžitých mechanických vln v ultrazvukovém pásmu. Hlavní nevýhodou je doposud neobjasněnost způsobu vzniku emisních balíků a tedy nemožnost jednoznačné interpretace měření, další nevýhodou je příliš malá energie mnohých akustických impulzů.

4. POPIS MĚŘENÍ

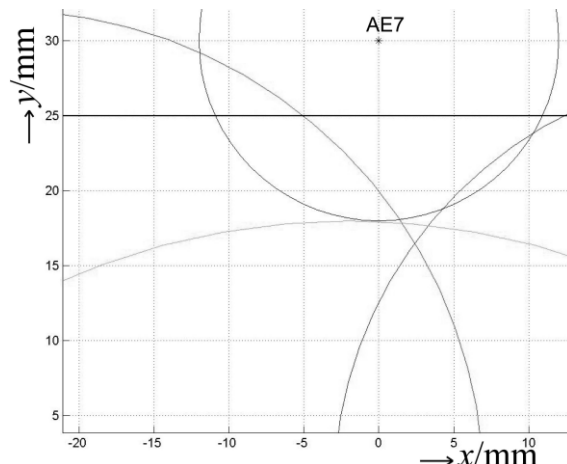
Paralelně s měřením signálů EME je měřen i signál AE, který je generován při tvorbě trhliny. Tyto dva signály jsou od sebe časově posunuty. Pro náš žulový vzorek o rozměrech $50 \times 50 \times 10 \text{ mm}^3$ je posunutí řádově jednotky až desítky mikrosekund. Tento posuv je zapříčiněn různou rychlostí šíření EME a AE signálů v materiálech. EME signál se v materiálu šíří rychlostí světla v daném materiálu a rychlost AE signálu odpovídá rychlosti šíření mechanických vln v materiálu. Z časového posunu mezi EME a AE počátků obou signálů je možné lokalizovat místo vzniku trhliny (minimálně pro tři snímače AE v trojrozměrném prostředí). Předpokládáme, že počátek signálu EME určuje okamžik vzniku trhliny. Různé časy počátků AE signálů odpovídají vzdálenosti trhliny od snímačů v závislosti na rychlosti šíření zvuku v materiálu. Pokud uvažujeme homogenní a izotropní materiál, tak se vlny šíří ve všech místech a ve všech směrech stejnou rychlostí.

5. METODA KRUŽNIC

Je založena na znalosti jak signálů AE tak i EME. Také je nutné znát rychlost šíření akustické vlny v daném materiálu. Tuto rychlost uvažujeme v celém materiálu a ve všech směrech za konstantní. Nejprve určíme přesný čas vzniku trhliny z doby nástupu signálu EME. Poté z dob nástupů signálů AE určíme časy, ve kterých došlo k indikacím trhliny snímači AE. Z rozdílu času počátku trhliny a časů indikací na snímačích AE určíme časy, které signály potřebovaly k pohybu od místa vzniku trhliny k snímačům AE. Při znalosti tohoto času a rychlosti šíření v materiálu v můžeme určit vzdálenost trhliny od daného snímače. Tyto vzdálenosti jsou díky rovnoměrnému šíření vln v materiálu poloměry kružnic a středy těchto kružnic jsou senzory AE. V ideálním případě dojde k protnutí všech těchto kružnic v jednom bodě, kde by se měla nacházet trhlina. Ve většině případů ale k protnutí pouze v jednom bodě nedojde, pouze se dá určit jistá oblast, kde se trhlina nachází (obr. 2).



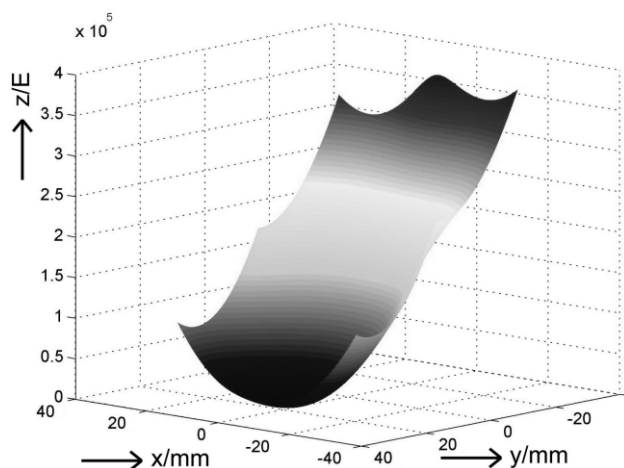
Obrázek 1: Rozmístění snímačů AE



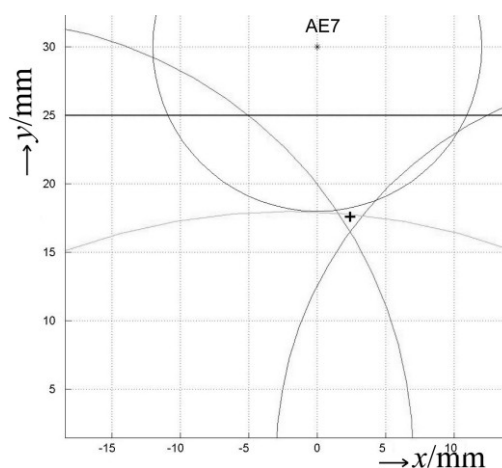
Obrázek 2: Detail oblasti protnutí kružnic

6. METODY KRUŽNIC KOMBINOVANÁ S METODOU NEJMENŠÍCH ČTVERCŮ

Tato metoda vychází z metody kružnic. Metoda kružnic má špatnou schopnost určit přesné místo vzniku trhliny, přičemž nová navržená metoda tento nedostatek odstraňuje. Princip je, že hledáme bod s nejmenší vzdáleností od kružnic. Nejdříve vzorek rozdělíme na vhodný počet elementů. Pro každý z těchto elementů vypočítáme vzdálenost od m -té kružnice zkonstruované kolem m -tého snímače. Tuto vzdálenost určíme postupně pro všech m snímačů. Pro všechny takto zjištěné vzdálenosti poté pomocí metody nejmenších čtverců nalezneme velikost celkové chyby E . To poté zopakujeme pro všechny zvolené elementy (obr. 3). Z těchto elementů poté nalezneme ten s nejmenší chybou a ten považujeme za místo vzniku trhliny (obr. 4).



Obrázek 3: Rozložení chyb E



Obrázek 4: Oblast protnutí kružnic s vyznačeným místem vzniku trhliny

7. ZÁVĚR

Metoda kružnic, má výhodu ve své jednoduchosti, ale velmi často s její pomocí nelze určit přesné místo vzniku trhliny, pouze jistou oblast, kde by se tato trhlina měla vyskytovat. To je ovšem známý problém u této metody a proto jsem navrhnul metodu kružnic kombinovanou s metodou nejmenších čtverců. Tato metoda již určuje předpokládané místo vzniku trhliny.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek vznikl díky podpoře projektu GAČR GA 103/06/0708 a výzkumného záměru MSM 0021630503.

LITERATURA

- [1] KOKTAVÝ, P. *Nedestruktivní diagnostika a fyzika dielektrik*, Skripta FEKT VUT v Brně. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2006, 102 stran
- [2] LAVROV, A. Fracture-induced Physical Phenomena and Memory Effects in Rocks: A Review. *Strain*, 2005, vol. 41; no. 4, p. 135-149. ISSN 0039-2103