

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL DEFORMATION ANALYSIS OF
A THIN STRIP LOADED BY SURFACE PULSEEXPERIMENTÁLNÍ A NUMERICKÉ ZJIŠŤOVÁNÍ DEFORMAČNÍCH
STAVŮ PULSNĚ ZATÍŽENÉHO TENKÉHO PÁSU

Převorovský Z., Landa M., Červ J.

Abstrakt

The results of "PEN" tests performed on a thin strip are compared with the dynamical 2D FEM simulations. Both symmetrical and antisymmetrical wave modes are separated from the measured signal. The good agreement between experiment and theory is obtained even for relatively long time .

Informace o procesech porušování materiálů, obsažené v signálech akustické emise (AE), jsou výrazně zkreslovány procesem šíření elastických vln od zdroje AE ke snímači. Tvar signálu AE je při testech na relativně malých zkušebních tělesech silně ovlivněn jak geometrií vzorku, tak elastickými vlastnostmi materiálu.

V příspěvku jsou zkoumány zejména geometrické vlivy na přenos signálu AE v často používaných vzorcích typu stěnového pásu. Experimenty byly provedeny na broušených etalonových vzorcích z konstrukční oceli, schematicky znázorněných na obr.1a. Etalonové vzorky různých rozměrů byly upnuty ve speciálním polohovacím přípravku pomocí pružinových svorek s akustickou izolací. Na hranách etalonu byly v několika definovaných místech postupně buzeny skokové zatěžovací pulsy lomem mikrotuhy o průměru 0.5 mm (t.zv. PEN-TEST resp. HSU-NIELSENŮV emisní zdroj [1]). V různých vzdálenostech od zdroje byly na vzorku připevněny vždy dva miniaturní piezoelektrické snímače vlastní konstrukce, s relativně plochou frekvenční charakteristikou. Polohy snímačů na hraně resp. na povrchu vzorku jsou v obr.1a značeny jako T_{r1} , T_{r2} resp. T_{r3} , T_{r4} . Signály ze snímačů byly zaznamenávány číslicovým zapisovačem přechodových dějů ADAM-MAURER vzorkovací frekvencí 10 MHz s rozlišením 10 bitů. V jedné serii měření byly signály ze snímačů AE přivedeny na vstupy zapisovače přímo, ve druhé serii byly vedeny přes zesilovač 40 dB s hornofrekvenční propustí 100 kHz, 48 dB/okt. Ovzorkované signály byly přes rozhraní IEEE 488 přeneseny do osobního počítače. Každé měření se nejméně pětkrát opakovalo, přičemž byla prokázána velmi dobrá reprodukovatelnost PEN-TESTU jakožto umělého zdroje AE.

K numerické simulaci šíření napěťových vln ve zkušebním tělese byl pro limitní případ (dlouhovlnné přiblížení) základního symetrického módu - rovinnou napjatost - vytvořen výpočtový model MKP (detailně popsán v [2]), schematicky znázorněný na obr.1b. Parametry modelu byly voleny tak, aby se model přiblížil podmínkám experimentů. Pro silové zatížení typu $\langle H(t) \rangle$ a podmínku volného okraje bylo vypočteno pole rychlostí $v_1(P_i, t)$, $v_2(P_i, t)$. Složky rychlosti $v_3(P_i, t)$, kolmé k rovině vzorku, byly vyjádřeny pomocí časových derivací součtu hlavních napětí (viz obr.1b).

Na obr.2a resp. 2b jsou jako příklad vyneseny záznamy signálů z dvojice stejně polarizovaných snímačů T_1, T_2 umístěných na opačných stranách etalonu, získané při měření bez filtru (S_A) resp. s filtrujícím předzesilovačem (S_B). Z porovnání průběhu signálů od protilehlých snímačů je zřejmé, že při PEN-testu byly vybudeny jak symetrické (signály ve fázi), tak antisymetrické - ohybové (signály v protifázi) vlnové módy ve směru kolmo k rovině vzorku. Ohybový mód se přitom jeví jako výraznější než symetrický i po odfiltrování nízkofrekvenčních složek. Pro ilustraci jsou oba zmíněné vlnové módy, spolu se základními deskovými větvemi disperzních křivek znázorněny v obr.3a, b.

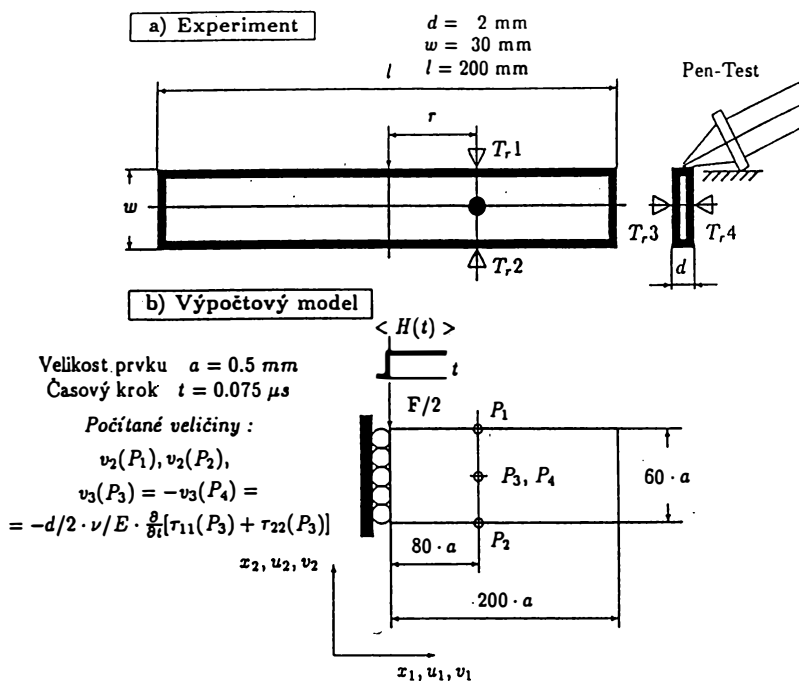
Naměřené signály byly korigovány na relativní kalibraci použitých snímačů se standardem, odvozeným od NBS normálu [3] a zderivovány podle času. Vypočtené i naměřené rychlosti byly převzorkovány na nejbližší společnou periodu 300 ns, číslicově filtrovány strmou pásmovou propustí 50-600 kHz a normovány na max. amplitudu rychlosti v bodě P_1 . Normované vypočtené a naměřené časové průběhy rychlosti v_2 v místě P_1 resp. P_2 jsou pro vzdálenost $r = 40$ mm vyneseny do obr.4a resp. 4b. Z relativně dobré shody numerických simulací s experimentem vyplývá, že pro tělesa z oceli není ve výpočtech ve zkoumaném časovém rozmezí nutné uvažovat vliv vnitřního, t.j. materiálového útlumu.

Vypočtený a změřený průběh rychlosti v_3 , kolmé k rovině vzorku, jsou vyneseny na obr.5. Její symetrická část byla stanovena součtem zderivovaných signálů ze snímačů T_3, T_4 . Patrné rozdíly obou průběhů v amplitudě i ve fázi jsou zřejmě způsobeny tím, že jak změřený, tak vypočtený průběh jsou v tomto případě zatíženy většími chybami. U změřeného signálu zůstává po eliminaci antisymetrické části určitý nenulový „zbytek“, který může být srovnatelný s hodnotami příslušejícími symetrickému módu. Tento „zbytek“ je zapříčiněn nedokonalostí akustické vazby mezi snímačem a vzorkem, nepřesnostmi v umístění snímačů apod. Numerické výsledky jsou zatíženy jak chybou aproximace symetrického módu rovinnou napjatostí (viz disperzní křivky na obr.3), tak derivací složek napětí, které jsou v použitém MKP modelu určovány s menší přesností než pole posuvů [2].

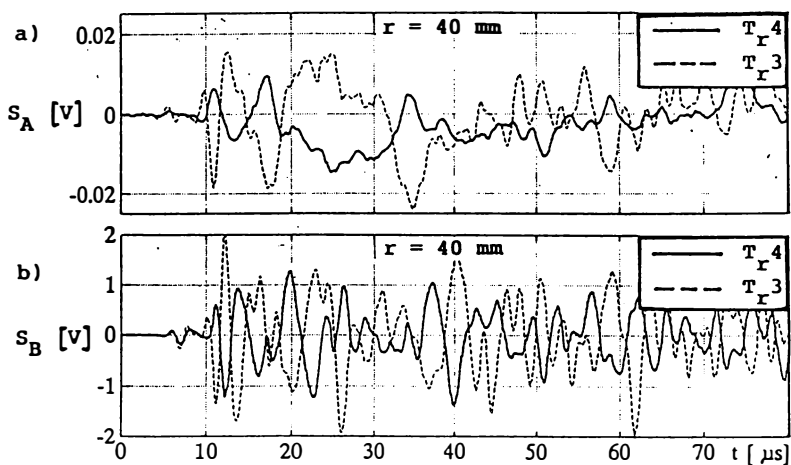
V příspěvku naznačený způsob dekompozice signálu AE na symetrickou a antisymetrickou složku lze použít pro modelování reálných zdrojů AE s trojrozměrnou vyzařovací charakteristikou.

Literatura

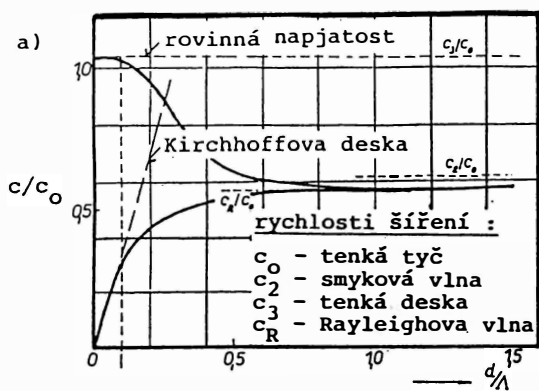
- [1] BRECKENRIDGE F.R. : *Acoustic Emission Transducer Calibration by Means of the Seismic Surface Pulse*. [Journal of Acoustic Emission, Vol.1, No.2, 87 (1982)]
- [2] ČERV J., LANDA M., PŘEVOROVSKÝ Z. : *Numerický model šíření signálu akustické emise na stěnovém pásu*. [Strojnícky časopis, Vol.44, (1993) - v tisku]
- [3] *Standard Method for Primary Calibration of Acoustic Emission Sensors*. [ASTM Standard E1106-86, 1990 Annual Book of ASTM Standards, Vol. 03.03, p.489]



obr.1



obr.2



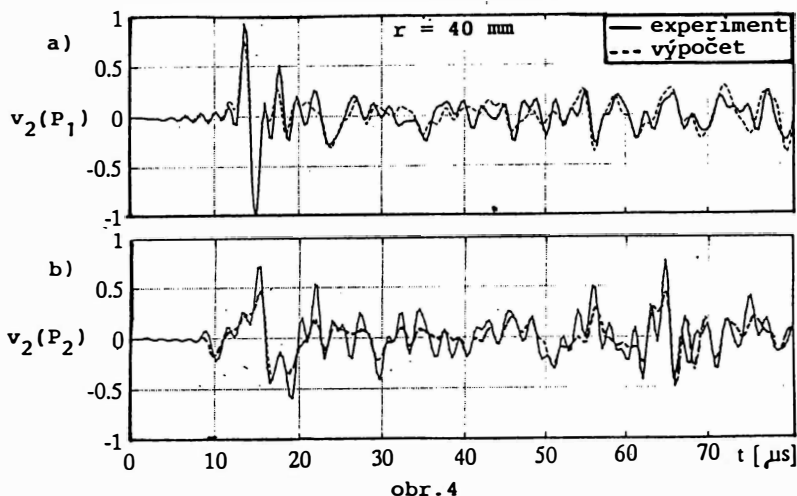
b) symetrický mód



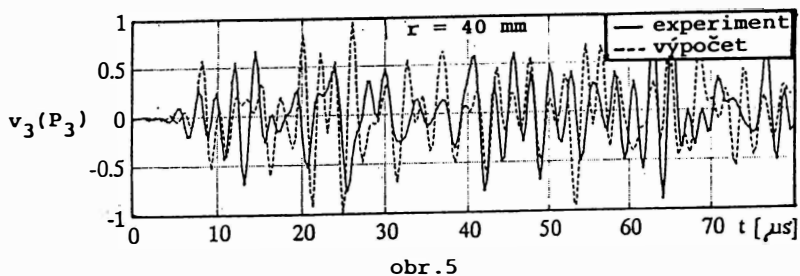
antisymetrický mód



obr. 3



obr. 4



obr. 5

Převorovský Zdeněk, Ing. CSc. - Landa Michal, Ing. - Červ Jan, Ing., CSc.

ÚT AVČR Dolejškova 5, 182 00, Praha 8

tel. : +422/815 3144, fax : +422/858 4695