

READING OF CALIBRE AE

SNÍMÁNÍ HODNOT AE

Šoch Z., Černý M.

Ústav techniky a automobilové dopravy , Agronomická fakulta, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika.

E-mail: xsoch@node.mendelu.cz, michalc@mendelu.cz

ABSTRACT

The work is focused on the possibilities of acoustic emission (AE) signal reading from spatial and formatively inaccessible surfaces. The aim of the work is to verify the possibility of assembly of several measuring devices for following purpose. To maximise the possibilities of AE signal reading in practice. For such purpose, the samples of waveguides and sets of devices for their clamping all together with AE receiver have been constructed. Prepared samples have been tested in laboratory conditions and functionality of devices in practice have been validated. A several sets of normalized AE signal measurements have been performed at all waveguides samples. The results have been evaluated from several points of view, concerning waveguide design. The results brought an evident knowledge of signal conduction through waveguide body, its loss and deformation. The results evaluation has also confirmed that waveguide shape differences have not caused any critical failings. The possibilities of further device set development have been confirmed.

Key words: acoustic emission, waveguide, nondestructive materiology

AKUSTICKÁ EMISE

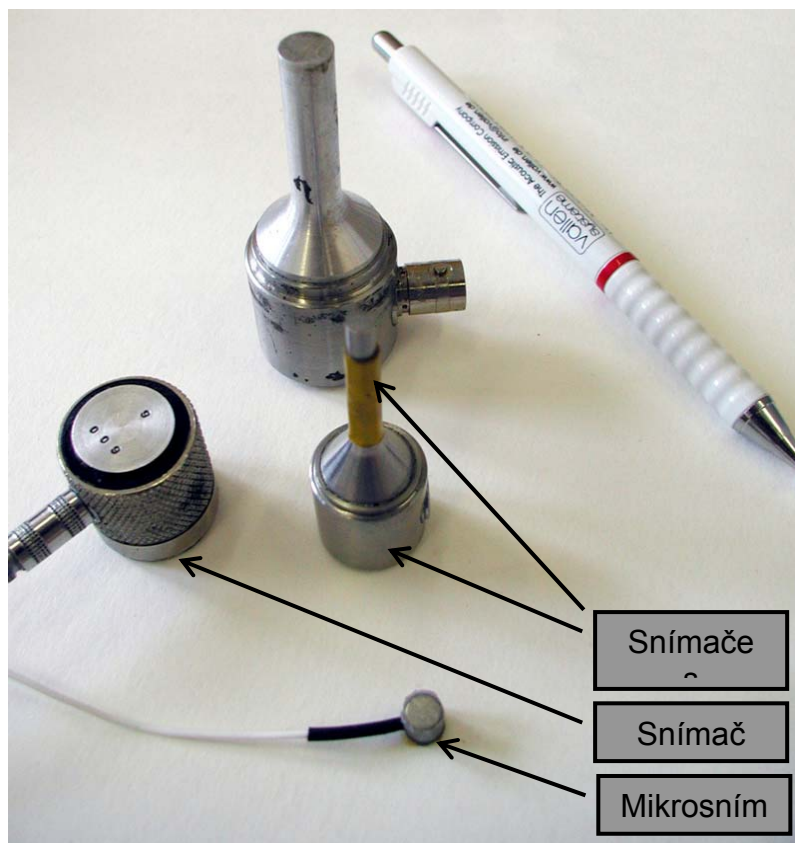
Nedestruktivní defektoskopie je oborem technické kontroly povrchových a vnitřních vad v materiálu bez porušení celistvosti výrobků. Metoda snímání akustické emise patří dnes k nejefektivnějším metodám nedestruktivní defektoskopie.

Pojem akustická emise (AE) označuje děj, při němž uvnitř materiálu spontánně vznikají napěťové vlny zvukové až ultrazvukové frekvence v důsledku náhlého lokálního uvolnění energie. Pomocí snímání signálů AE je možné z četnosti registrovaných signálů určit stupeň poškození materiálu zatěžované konstrukce či součásti. (Pazdera J., Smutný J., Mazal P, 2004)

S vývojem v oblasti výpočetní techniky rostou možnosti praktické aplikace a využití metody AE ve výrobním procesu, při sledování stavu složitých konstrukcí či součástí rozsáhlých konstrukčních soustav. Metoda AE umožňuje jak periodické kontroly, tak souvislý monitoring. Ve spojení s výpočetní technikou lze realizovat rozsáhlé sítě kontrolních bodů konstrukce či technického zařízení a jejich efektivní kontrolu v reálném čase z jednoho centralizovaného pracoviště. Vhodné rozmístění snímačů do neuronové sítě umožňuje velmi rychlou lokalizaci vznikajícího poškození materiálu. (Kreidl M., Šmíd R, 2006)

Výsledky snímání signálu AE mohou informovat v nezpracované formě jednak o existenci a poloze vady materiálu a v případě použití vhodné transformace získaného signálu mohou též určit druh vady či poruchy.

V praxi se často vyskytuje problém, že snímač akustické emise nelze přímo umístit na sledovaný objekt (nepřístupnost místa, vysoká teplota povrchu sledovaného objektu apod.) V těchto případech se využívají vlnovody (viz Obr. 1). Konstrukčně jsou řešeny tak, že jsou rozebíratelné nebo mohou být trvalou součástí snímače. Volba materiálu vlnovodu závisí především na materiálu zkoušeného objektu a oba tyto materiály by měly mít stejnou akustickou impedanci z důvodů minimalizace odrazů AE vlny a lepšího přechodu vlny z objektu na vlnovod a dále do snímače. Změna průměru vlnovodu na průměr snímače bývá obvykle řešena kuželovitým přechodem. Nevýhodou použití vlnovodu je ztráta velikosti přenášeného signálu. Tato ztráta je způsobena útlumem v materiálu a ztrátami na přechodu rozhraní (aplikace drátových vlnovodů). (Pazdera J., Smutný J., Mazal P, 2004)



1: Příklady konkrétních snímačů bez i s vlnovodem

V tomto příspěvku je cílem měření zjištění modifikace signálu AE s ohledem na jeho snímání upravenými přípravky, které umožňují použití metody v praxi. Součástí projektu je také návrh prototypu přípravky pro uchycení snímače a vlnovodu k měřené konstrukci či součásti.

MATERIÁL A METODIKA

Vzhledem k situacím, jež mohou nastat při praktické aplikaci AE, by měla být pro praktická měření vytvořena sada vlnodů s délkovou a materiálovou rozmanitostí odstupňovanou dle konkrétních poznatků získaných v oboru AE. Základ celé úvahy o tvorbě takovéto „sady“ je však nutno získat na základě experimentálního zkoumání vlnodů v laboratořích. V předložené práci bylo provedeno ověření, porovnání a vyhodnocení chování různých vzorků vlnodů v jasně definovaném prostředí a podmínkách. Jen tak je možné získat relevantní výsledky. Pozornost byla tedy zaměřena na konstrukční oblast - porovnání tvaru a vhodné volbu různých délek vlnodů bez ohledu na zkoumání materiálově rozdílných vzorků a také na experimentální návrh uchycení vlnovodu a sondy. Cílem je zjištění, zda je taková měřicí sada použitelná, a případně předeslat, jaká úskalí mohou při vývoji takové sady nastat, popř. s jakými problémy, odchylkami či odlišnostmi je třeba počítat při praktickém uplatnění, ať již z pohledu mechanické aplikace vlnodů, či z pohledu zpracování naměřených dat.

S ohledem na fyzikální „blížkost“ (velikost zrna) většiny běžně používaných ocelových materiálů a vhodné chemické složení, především poměru legujících prvků byla zvolena ocel 11 523. (Vlnovod by mohl působit při nevhodné volbě i jako tlumící člen). Délka vlnodů s ohledem na použitelnost v praxi byla zvolena v intervalu 100 až 150 mm. Jako optimální snímaná plocha byl navržen kruhový průřez s průměrem 5 mm. Z pohledu snímače (fy Dakel) má styčná plocha průměr 15 mm. Tyto snímače se vyznačují relativně masivní

konstrukcí vhodnou pro terénní použití a jsou vybaveny předzesilovačem signálu, což je pro samotné měření za ztížených podmínek zvláště výhodné.

Přechod průměru 5 mm na průměr 15 mm byl pro laboratorní experimentální účely zvolen dvojí. Jednak nejčastěji používaný kuželový přechod mezi oběma válcovitými plochami, druhou variantou byl přechod hyperbolický.

Výroba probíhala na horizontálním soustruhu běžným třískovým obráběním, konečná povrchová úprava proběhla broušením na rotační brusce.



2: Vyrobené vlnovody

Následně byly navrženy přípravky pro stabilní uchycení vlnovodu a snímače jako celku ke zkoumanému objektu. Jejich funkcí je vytvořit ideální přitlak snímače k vlnovodu a následné upevnění celku ke zkoumanému objektu (Obr. 3).

Měření probíhalo v laboratoři vybavené systémem Daemon (hardwarová část „XEDO“ + softwarová část „Daemon“). Metoda simulace zdroje akustické emise byla provedena pomocí Hsu - Nielsenova - zdroje 0.5. Pen test je založený na principu mikrotužky s tuhou tloušťkou 0,5 mm a tvrdosti 2H. Probíhá zlomením tuhy vysunuté $3,0 \pm 0,5$ mm o povrch snímaného vzorku (Obr. 4). Je standardizován. (ČSN EN 13554, 2002)



3: Uchycení snímače a vlnovodu ; držáku



4: Ukázka Pen testu a výběr snímačů

Sestavení měřící aparatury

Ze sady snímačů byly vybrány tři téměř shodné snímače dle kalibračního protokolu. Celá sestava byla následně umístěna kolmo na ocelovou tyč o délce 700 mm a průřezu 65 x 65 mm. Při prvním měření byly instalovány vlnovody krátké (100 mm). Na první kanál snímacího zařízení byl připojen hyperbolický vlnovod, na druhý kuželový a na třetím kanále byl připojený snímač bez vlnovodu. Na všechny přechodové plochy byla aplikována speciální zvukově vodivá hmota, která je určena k minimalizaci útlumu síly signálu při přechodu mezi jednotlivými prostředími (Obr. 5).

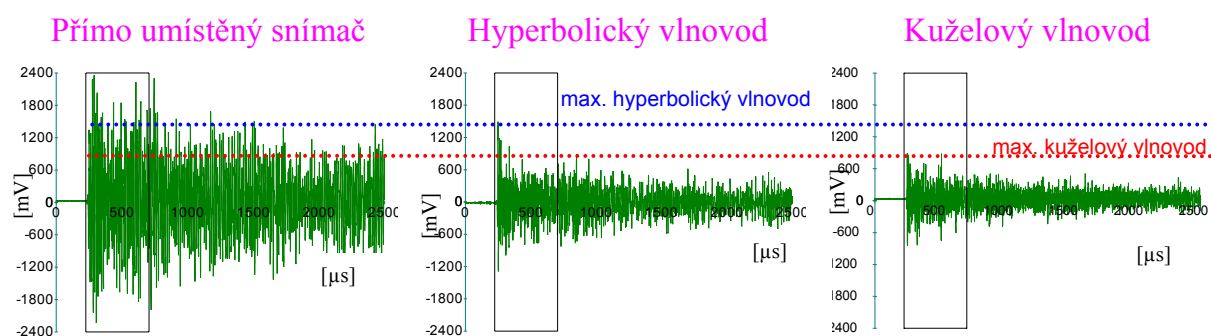


5: Sestavení vlnodů na měřící tyči

V programu Daemon je aktivováno ukládání snímaných událostí. Byly naměřeny dva kontrolní soubory událostí, z nichž každý obsahoval 6 až 7 jednotlivých událostí. Následně byly instalovány vlnovody dlouhé (150 mm), při čemž byla zachována příslušnost jednotlivých kanálů snímačů a vlnodů. Za tohoto sestavení byly opět naměřeny tři soubory, každý s obsahem sedmi událostí.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Z porovnání grafů signálu je u obou druhů sestavení vlnodů, tzn. jak krátkých, tak i dlouhých, evidentní zeslabení signálu při použití vlnovodu oproti přímému umístění snímače (Obr. 5). Útlum naměřeného signálu při použití vlnovodu je s časovým průběhem mírně rostoucí, signálu naměřeného snímači prostřednictvím vlnovodu s časem klesá rychleji než u přímo umístěného snímače.



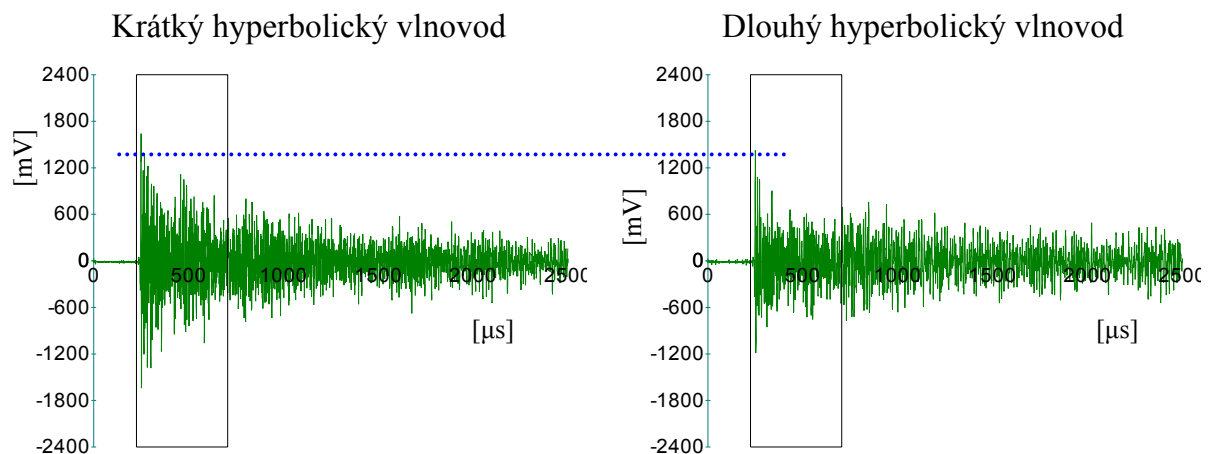
6: Porovnání intenzity signálů snímač – vlnovody v rámci konstantního okna

Rozdíl mezi intenzitou naměřeného signálu prostřednictvím přímého snímače a prostřednictvím vlnovodu je způsoben několika významnými faktory:

- útlum způsobený průchodem signálu tělem vlnovodu
- útlum na přechodových plochách
- poměr průřezů přechodových ploch zkušební tyč – vlnovod vs. zkušební tyč – snímač

Při srovnání průběhu signálu prostřednictvím tvarově odlišných vlnovodů, tedy kuželového a hyperbolického, je u kuželového vlnovodu patrný vyšší útlum signálu především v počátku emisní události, méně již v jejím průběhu. Hyperbolický vlnovod tedy lépe přenáší především počátek emisní události. Tento efekt je významný z hlediska modelace tzv. charakteristického tvaru impulzu převedeného ze souřadnic mV – ms do souřadnic dB – kHz při aplikaci Fourierovci transformace. Jev je shodný u obou délek vlnovodů. U vlnovodů s délkou 150 mm je rozdíl útlumů v neprospěch kuželového vlnovodu ztelnější.

Při porovnání z pohledu útlumu v závislosti na délce vlnovodu je u delších vlnovodů zřejmý pokles intenzity signálu (Obr. 7). Ovšem pokles není natolik výrazný, aby bylo znemožněno zaznamenání události akustické emise.



7: Porovnání intenzity signálů dlouhých a krátkých vlnovodů

ZÁVĚR

Na základě získaných výsledků je možné sestavit několik následujících zásad a doporučení pro další vývoj vlnovodů. Je zřejmé, že je nutné položit důraz na nejen na vhodnou volbu materiálu vlnovodu s ohledem na předpokládanou aplikaci, ale i na:

- správnou volbu průměrů konců vlnovodu, který je ve styku se snímačem (s ohledem na předpokládané typy snímačů) i měřeným objektem;
- u krátkých vlnovodů (do 100 mm) lze konstruovat přechod průměrů vlnovodu jako kuželový z důvodu nižší výrobní náročnosti i v celku tolerovaného snížení intenzity akustického signálu;
- vlnovody s délkou nad 100 mm je nevyhnutelné konstruovat s povrchovou křivkou hyperbolického tvaru, která markantně nesnižuje útlum vedeného signálu.

Z rozboru naměřených výsledků je patrný vliv na frekvenční průběh signálu. V případě pouhé detekce a lokalizace události AE je postačující sada vlnovodů s hrubým odstupňováním délek vlnovodů, které vychází z konstrukčního řešení přípravků na uchycení vlnovodu (držáku) společně se snímačem (v našem případě délkové odstupňování cca 25 mm). V případě potřeby podrobnějšího zkoumání signálů AE, především jejich frekvenčního rozsahu, je vhodné použít hyperbolické vlnovody i pro délky pod 100 mm a také jemněji odstupňované délky vlnovodů. Lze doporučit konstrukce nerovnoměrně odstupňovaných délek, tedy velké skoky délek např. po 25 mm, a ke každému z vlnovodů vyrobí rozšířené

varianty. Konkrétně např. délky v mm: 97, 100, 103, 122, 125, 128, 147, 150, 153 atd. s délkou vycházející z vlnové délky λ signálu AE.

Práci lze považovat za základ pro další výzkum a vývoj různých vlnovodů pro aplikaci AE v technické praxi z hlediska provozní aplikace, tzn. při terénních měřeních u dálkových distribučních sítí pro různá média, tlakové nádoby, reaktory apod., ale i na posouzení aktivity netechnických systémů.

LITERATURA

ČSN EN 1330 – 9 Nedestruktivní zkoušení – Terminologie, 2000.

ČSN EN 13554 Nedestruktivní zkoušení – akustické emise – všeobecné zásady, 2002.

Kreidl M., Šmíd R.: Technická diagnostika. Praha: BEN, 2006. ISBN 80-7300-158-6.

Pazdera J., Smutný J., Mazal P.: Využití metody akustické emise při sledování vlastností zatěžovaných materiálů a konstrukcí. Brno: VUT, 2004. ISBN 80-214-2802-3.