



Akademie věd České republiky
Ústav teorie informace a automatizace

The Czech Academy of Sciences
Institute of Information Theory and Automation

RESEARCH REPORT

Petr TICHAVSKÝ, ÚTIA AVČR
Tomáš SLUNÉČKO, ZD RPETY – DAKEL
Marie SVOBODOVÁ, UJP Praha a.s.
Tomáš CHMELA, UJP Praha a.s.

Odhad rychlosti šíření akustických vln ve vzorku oceli pro
sledování creepových změn pomocí akustické emise

No. 2369

Prosinec 2017

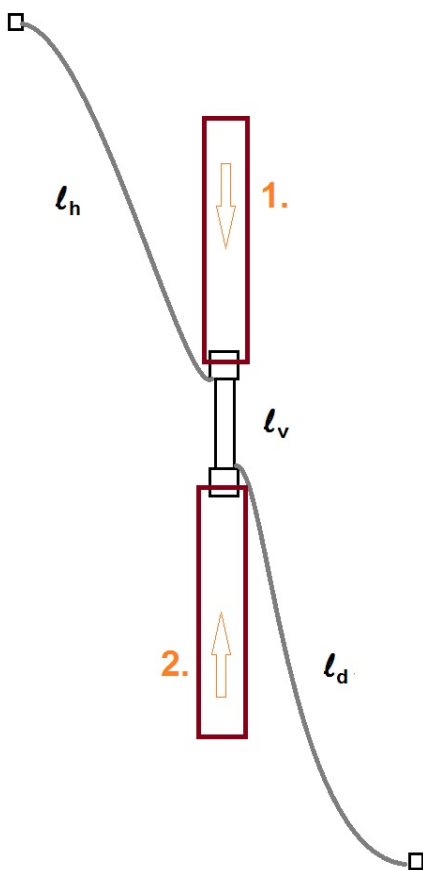
UTIA AV ČR, P. O. Box 18, 182 08 Prague, Czech Republic

E-mail: utia@utia.cas.cz

Úvod

Tato výzkumná zpráva volně navazuje na zprávy č. 2365 a 2366. Popisuje experiment při simulaci creepového poškození v uspořádání které je popsáno ve výše uvedené zprávě č. 2365. Jelikož předchozí experimenty indikovaly, že rychlost šíření zvuku v degradovaném materiálu je nižší než nepoškozeném materiálu, připravili jsme experiment který by měl tento jev přesněji prokázat nebo vyvrátit.

Provedení experimentu



Schema experimentu je znázorněno na obrázku 1.

Červené obdélníky představují upínání vzorku zkoumaného materiálu, který je umístěn mezi nimi. Signál akustické emise je snímán dvěma vlnovody, jejichž přesnou délku v tuto chvíli neznáme. Část vzorku mezi místy kde jsou navařeny vlnovody má délku cca 45 mm, viz obr. 1 ve zprávě

Pokus spočívá v generování akustické vlny, která bude procházet zkoumaným vzorkem (a) shora dolů (b) zdola nahoru. V obou případech v záznamu akustické emise zkoumáme zpoždění této akustické vlny na jednotlivých snímačích. Aritmetický průměr těchto zpoždění bude odpovídat době za kterou projde vlna zkoumaným vzorkem, a to bez ohledu na délky obou vlnovodů. Rozdíl těchto zpoždění bude odpovídat rozdílu délek jednotlivých vlnovodů.

Akustická vlna je generována poklepem na horní, respektive dolní část zařízení, a snímána stejně jako akustická emise při běžném měření.

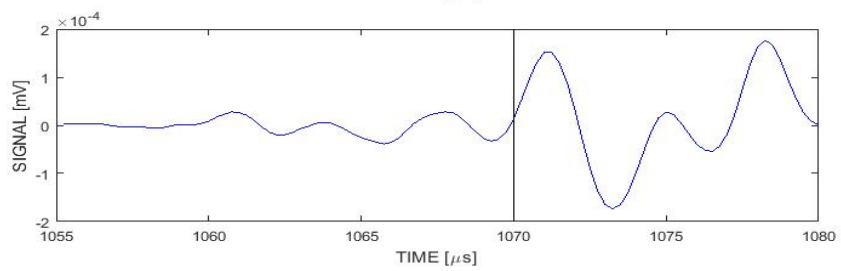
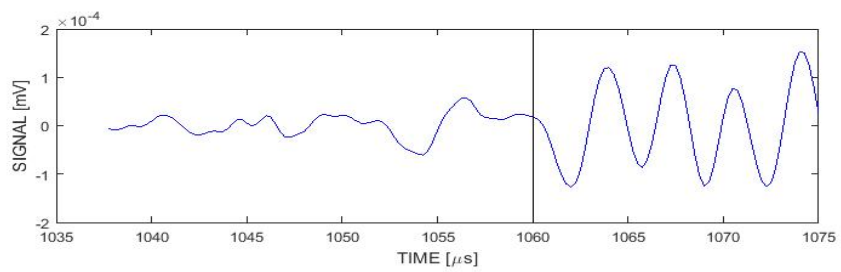
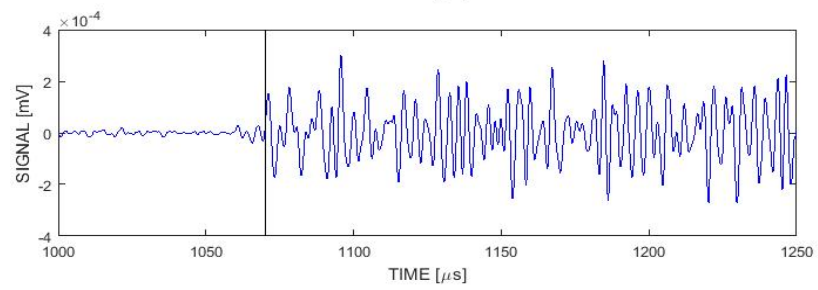
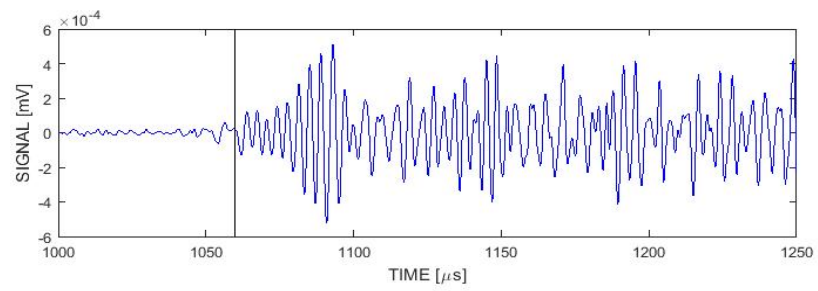
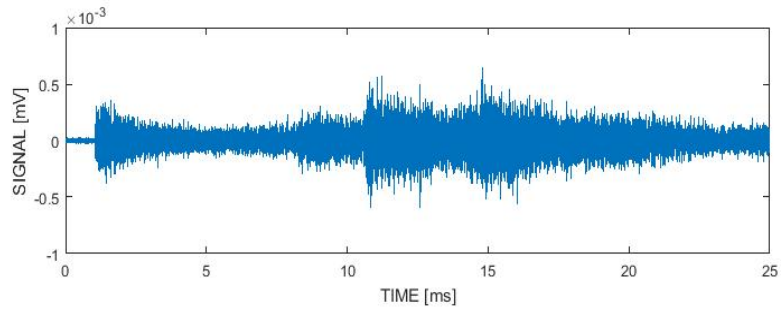
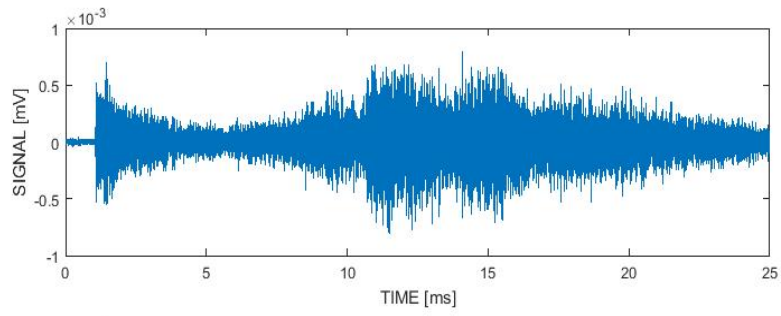
Obr. 1: Schema experimentu

Odhad zpoždění akustické vlny

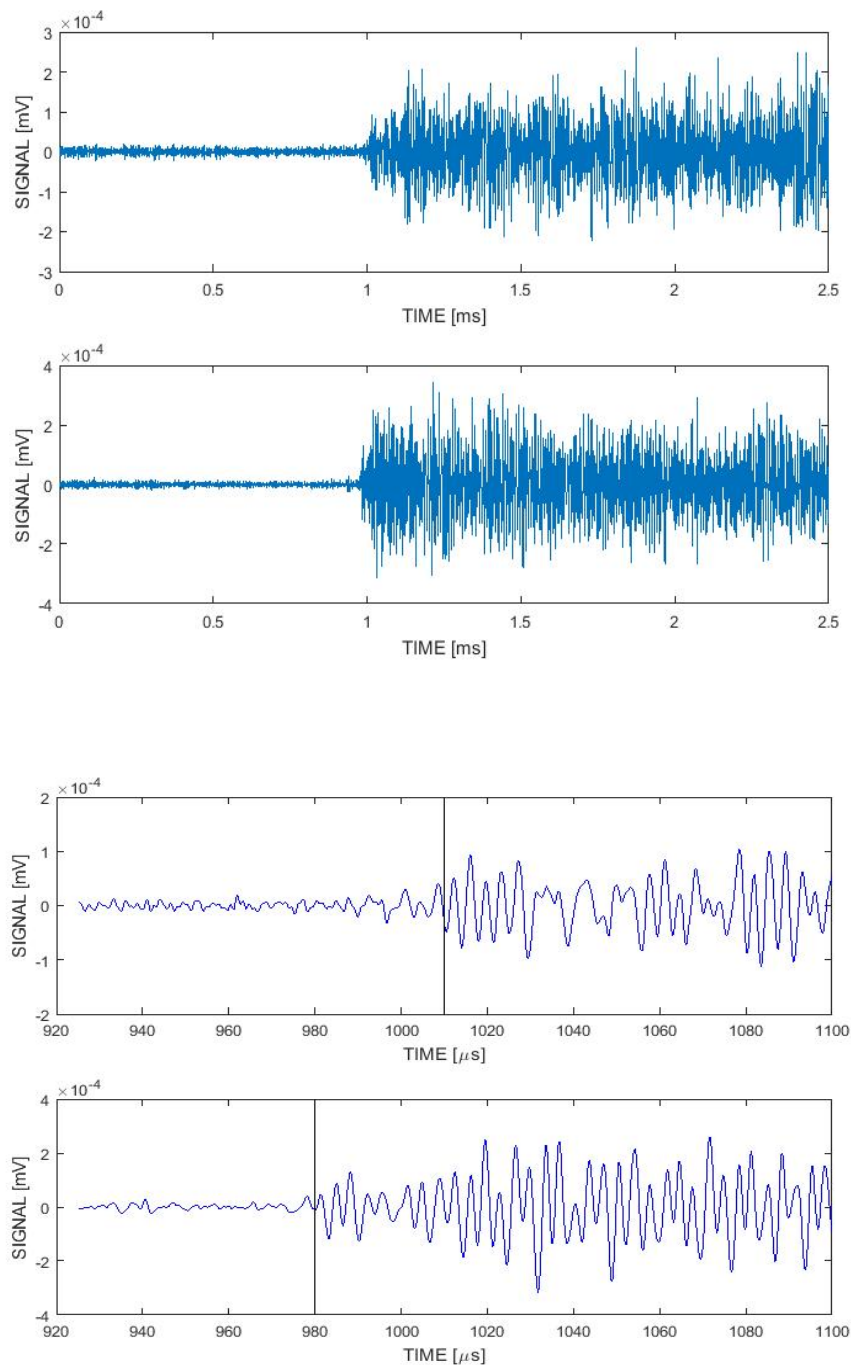
Tato část experimentu je nejchoulostivější a nejvíce náchylná na systematickou nebo náhodnou chybu. Ačkoliv je akustická vlna je generovaná tak aby měla ostrý náběh, v průběhu jejího šíření se čelo vlny zpravidla rozostří. Je to tím, že vlna se šíří jakoby po vláčknech, které mají různou délku, jak vysvětlíme níže. Výsledný signál je pak složením různě zpožděných kopií téže vlny. Zpoždění čela vlny proto odhadujeme pouze přibližně.

Na následujících obrázcích vidíme digitální záznam akustické vlny na obou vlnovodech při postupu vlny shora dolů a zdola nahoru.

Při postupu vlny shora dolů odhadujeme zpoždění mezi vlnovody na 10 mikrosekund. V opačném směru je to cca 30 mikrosekund. Průměrné zpoždění je tedy 20 mikrosekund.



Průchod akustické vlny zdola nahoru



Diskuse

Podle [OLYMPUS NDT. *EPOCH LT: Ultrazvukový detektor trhlin - uživatelský manuál*. USA, 2005.] je rychlost akustických vln ve feritické (magnetické) oceli $5\,960\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ a v austenitické (nemagnetické) oceli $5\,790\text{ m/s}$.

Vzorek materiálu, který je předmětem zkoumání, je vyroben z feritické oceli. Průchod vzorkem o délce 4,5 cm by měl trvat $0.045/5960$ sekund, což je 7,5 mikrosekund. Námi odhadnutý čas průchodu vzorkem je téměř třikrát větší, 20 mikrosekund.

Nabízí se následující vysvětlení. V neporušeném materiálu se zvukové vlny šíří přímočaře po nejkratší trajektorii z jednoho bodu do druhého. V materiálu porušeném mikrotrhlinami se zvuk šíří po vlákních, které se vyhýbají existujícím dutinám. Ty mají zákonitě větší délku než jakou by měly přímočará

vlákna, a průběh zvukové vlny po nich trvá proporcionálně déle. Zároveň se zvuk šíří po vláknech různé délky. Tím se děje to, že nejkratší vlákna přinesou akustickou energii nejrychleji, ale jen její poměrnou část. Čelo akustické vlny se jakoby rozplizává a je obtížné je přesně definovat. Rozmazávání čela akustické vlny je další projev vnitřní destrukce materiálu. Toto rozmazávání bude zanedbatelné u neporušeného materiálu, ale výrazné u degradovaného materiálu.

Závěr

Pokud bychom chtěli studovat akustické projevy vzniku mikrotrhlinek ve vzorku materiálu, museli bychom studovat emisní události, které se projeví na obou vlnovodech s vzájemným zpožděním do 20 mikrosekund. Pokud se emisní událost neprojeví na obou vlnovodech, nebo projeví s časovým zpožděním 20 mikrosekund a větším, pak tato událost nepochází ze zkoumaného vzorku, ale je způsobena vnějším rušením.

Prozatím se týmu řešitelů nepodařilo žádnou emisní událost najít, kde by bylo patrné, že pochází ze zkoumaného vzorku.

Jako perspektivnější se jeví měření creepového poškození pomocí odhadu šíření zvuku v materiálu. Je to podobné jako ultrazvukové měření, ale mnohem jednodušší. Domníváme se, že je možné využít stávajících vlnovodů a snímačů akustické emise, pouze způsob měření by se musel pozměnit. Musela by se měřit akustická odezva uměle vytvořené zvukové vlny v celém potrubí, a rychlost šíření od jednoho vlnovodu ke druhému.

Poděkování

Práce byla financována projektem MPO TRIO č. FV 10 645.

Dovětek

Po dokončení této zprávy bylo pozorováno, že rychlost šíření zvuku v oceli se creepovým poškozením výrazně snižuje, bylo potvrzeno nezávislým měřením ultrazvukovou technikou firmou ATESTA. Rychlost šíření byla změřena ve směru podélném směru na kuse stejného potrubí odkud pocházel zkoumaný vzorek jako 6661 m/s, kdežto v příčném směru jako 3172 m/s.