

Akustické emise slabých zdrojů.

Ing. Miroslav Varner¹

ÚVOD

Procesy charakterizované skokovými změnami energie, při nichž vznikají v tělesech napěťové vlny je možné monitorovat pomocí měření akustické emise (AE). Napěťové vlny se emitují např. v pevných látkách při fázových transformacích, při vzniku plastické deformace a při vzniku volného povrchu a v kapalinách při vzniku kavitace. AE nachází významné uplatnění při diagnostikování procesů porušování, zejména tlakových nádob a potrubních systémů, při diagnostikování kavitace, při studiu technologických procesů a mechaniky porušování těles a při experimentálním ověřování závěrů odvozených z teorie šíření elastických vln.

FORMY SIGNÁLŮ AKUSTICKÉ EMISE

Při rychlém uvolnění většího množství energie elastické napjatosti, např. při diskrétním skokovém zvětšení rozměru trhliny, je emitována napěťová vlna a signál AE měřený pomocí rezonančního snímače AE je ve formě tzv. události AE. V tomto případě je obvykle výrazný odstup užitečného signálu od šumu a při vyhodnocování šum nezpůsobuje výraznou chybu.

Jsou-li však skokové změny energie elastické napjatosti malé (slabé zdroje) nebo se jedná o procesy probíhající v čase téměř spojitě, pozorujeme signál AE ve formě šumu.

V obou případech typů signálu je možné probíhající procesy hodnotit s využitím statistických charakteristik signálu AE jako je rozptyl, hustota pravděpodobnosti a spektrální výkonová hustota, případně charakteristických parametrů signálu AE zejména četnosti překročení předem nastavených úrovní.

MĚŘENÍ A VYHODNOCOVÁNÍ SIGNÁLŮ AE SLABÝCH ZDROJŮ

Při měření akustické emise slabých zdrojů je nutné zajistit dostatečný odstup užitečného signálu od šumu. Složku šumu vznikající jako důsledek nevhodným řešením případně imperfekcemi mechanické části je možno snížit konstrukčními úpravami a akustickou izolací. Vlastní šum měřicího řetězce je možné snížit zejména koncepčním řešením, výběrem jednotlivých komponent, kabelů a použitím předzesilovačů umístěných bezprostředně u snímačů AE nebo nejlépe použitím snímačů AE s integrovaným předzesilovačem. Dále je vhodné používat širokopásmové snímače s malou účinnou plochou keramiky poskytující vyšší citlivost.

Použití filtrace signálu AE je třeba pečlivě uvážit, obecně vede ke ztrátě informací a je oprávněná pouze v případě odstranění evidentně parazitních frekvenčních složek nebo k zabránění vzniku alaisingu. V případě měření AE slabých zdrojů je odezva AE navíc posunuta do oblastí vyšších frekvencí, odstranění vyšších frekvencí je potom zcela nežádoucí. Při vyhodnocování informací obsažených v signálu AE slabých zdrojů je třeba uvažovat vlastnosti systémového šumu signálu AE měřicího řetězce (neovlivněného sledovanými procesy) odhadnuté před a po vlastním měření.

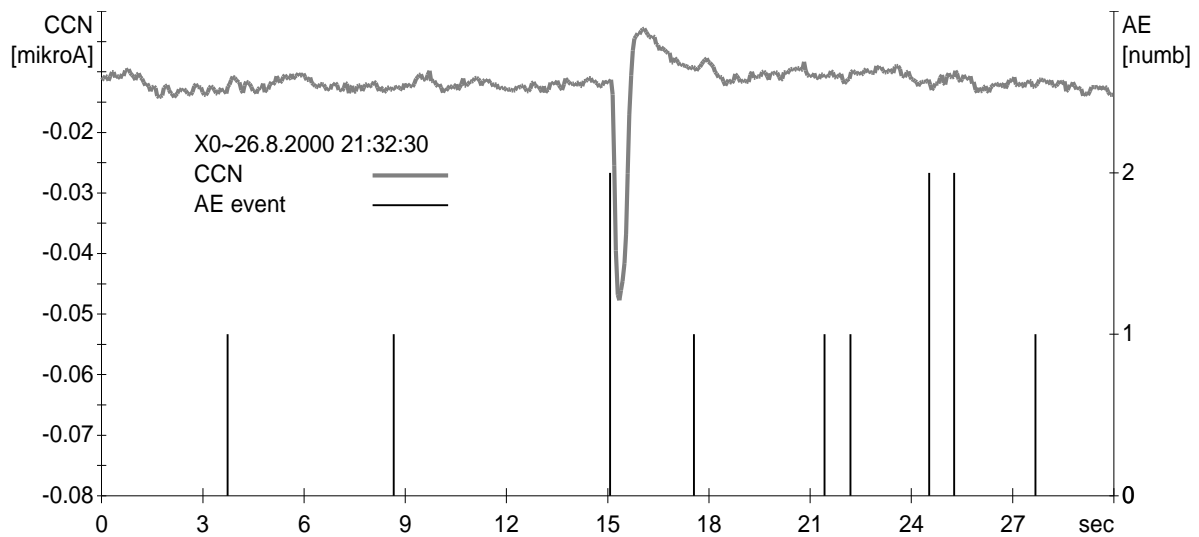
Při hledání kauzálních vztahů mezi charakteristickými veličinami procesů jsou mimo měření AE měřeny i jiné veličiny. Měřené signály jsou z důvodu časové synchronizace vzorkovány jednou aparaturou a data jsou zpracována počítačem. Experimentálnímu uspořádání je třeba věnovat zvýšenou péči a při jakékoli jeho změně věrohodně ověřit, že nedochází k vzájemnému ovlivňování výsledků měření jednotlivých veličin.

AKUSTICKÁ EMISE A ŠUM KOROZNÍHO PROUDU PŘI ÚNAVĚ NEREZAVĚJÍCÍ OCELI

V rámci přípravy na ověření předpokladů teoretického modelu iniciace únavové trhliny nerezavějících ocelí ve vodném prostředí s obsahem chloridů byly realizovány vysokocyklové únavové zkoušky ($N > 10E6$) nízkouhlíkové martenzitické oceli 13%Cr6%Ni v roztoku 100mg NaCl v 1l destilované vody. Zkušební tyče byly zatěžovány rezonančním pulsátorem (ČKD Blansko, a.s.) v tahu-tlaku alternujícími kmity napětí ($R = 0,66$) s frekvencí 133 Hz. Snímače AE byly umístěny na čelech zkušebních tyčí. Pro měření šumu korozního proudu (CCN) byla použita elektroda vakuované nízkouhlíkové martenzitické oceli 13%Cr4%Ni. Současně byla měřena zatěžující síla, elektrochemický potenciál SCE a teplota roztoku. Snímače AE typ FTCCN02, předzesilovače signálu typ AE FTCCN01, modifikovaná měřicí aparatura AE XEDO typ FTCCN01, měřič šumu korozního proudu typ CCN01 a programové vybavení pro monitorování DAEMON a pro vyhodnocování výsledků zkoušek DAESHOW byly vyvinuty a dodány firmou DAKEL, ZD Rpety. Přenos dat do PC měřicí aparatura XEDO standardně zajišťuje síťovou karta.

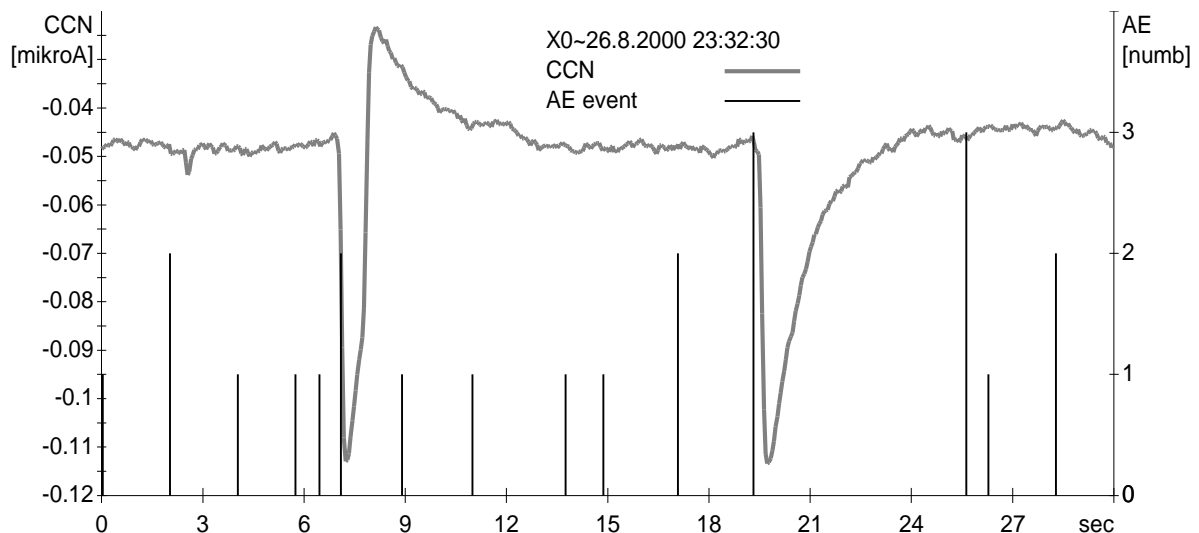
¹ Ing. Miroslav Varner, Pod Javory 26, 67801 Blansko, tel. 0506402023, e-mail: varnerm@seznam.cz

V souladu s předchozími teoretickými rozbory úvodní experimenty ukázaly, že současné měření AE a šumu korozního proudu (CCN) při korozní únavě bude poznamenáno tím, že obě veličiny jsou charakterizovány jako odezva na velmi malé zdroje stimulace a že tedy měřené signály budou ve formě šumu. Po konstrukčních úpravách rezonančního pulsátoru, metodiky únavové zkoušky a úpravě snímače AE bylo možno realizovat současně všechna potřebná měření. Signál AE resp. šum korozního proudu měřený na odporu 2 k Ω byl vzorkován s frekvencí 8 MHz resp. 20 Hz při zesílení 123 db resp. 60 dB. Výsledky měření šumu korozního proudu naznačují, že převážnou část únavového života je povrch oceli v pasivním stavu, počet porušení pasivační vrstvy obr.1 je řádově desítky. V této fázi únavového života je aktivita AE nízká a signál AE překračuje úroveň šumu zejména v době výskytu lokalizované koroze.



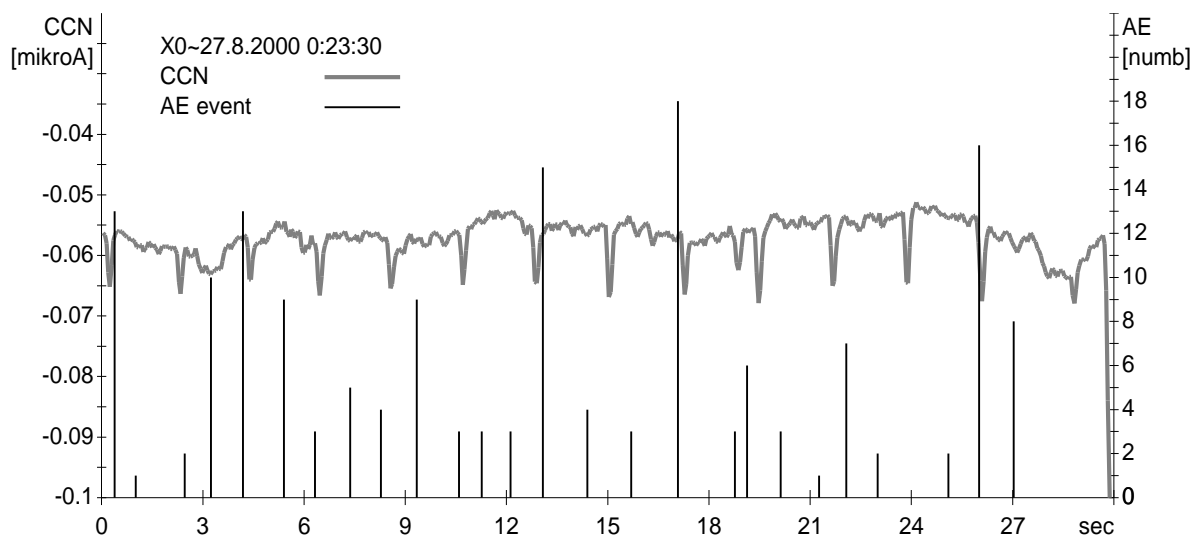
obr. 1.: CCN a události AE charakterizující ranou etapu iniciace zárodku korozně únavové trhliny

Rozvoj lokalizované koroze ve větším rozsahu (obr.2) nastává cca 750000kmitů před ukončením zkoušky. Rychlost porušování pasivačního filmu s časem není rovnoměrná, ale ve větším časovém úseku je možné pozorovat její zvyšování.



obr. 2.: CCN a události AE v etapě iniciace korozně únavové trhliny

Při přechodu z etapy iniciace korozně únavové trhliny do etapy jejího růstu se četnost porušení pasivačního filmu zvyšuje a rovněž se výrazně zvyšuje AE – zvyšuje se četnost událostí obr.3.



obr. 3.: CCN a události AE při přechodu z etapy iniciace do etapy růstu trhliny

ZÁVĚR

Sofistikovaný přístup při přípravě měření akustické emise a účinná podpora odborně erudovaného výrobce měřícího zařízení je předpokladem úspěšné realizace měření akustické emise slabých zdrojů její stimulace. V rámci přípravy na řešení modelování iniciace korozně únavové trhliny nerezavějících ocelí se podařilo instrumentovat rezonanční pulsátor časově synchronizovaným měřením zejména šumu korozního proudu a signálů akustické emise a experimentálně získat cenné informace o procesu porušování při korozní únavě.

PODĚKOVÁNÍ.

Autor příspěvku děkuje ČKD Blansko,a.s., ČKD Blansko Engineering,a.s. za podporu při realizaci únavových zkoušek, firmě DAKEL, ZD Rpety za instrumentaci rezonančního pulsátoru a za vyhodnocení měření, doc. Ing. Viktorovi Kanickému, CSc a Ing. Milanovi Pražákovi, CSc za konzultace a podnětné připomínky.