

# VÝVOJ PERSPEKTIVNÍCH NEDESTRUKTIVNÍCH METOD

## DEVELOPMENT OF PERSPECTIVE NONDESTRUCTIVE METHODS

Jaroslav Brom a Pavel Mareš

Centrum výzkumu Řež s.r.o.

### Abstrakt

V příspěvku jsou diskutovány aktuální nebo připravované projekty Centra výzkumu Řež pro oblast perspektivních nedestruktivních (NDT) metod jako např. využití metod nelineární ultrazvukové spektroskopie a magnetické paměti zařízení jako skenovacích metod pro zjišťování trhlin v potrubních úsecích pro vytipování svarových spojů s potenciální trhlinou, vývoj on-line ultrazvukového systému do vysokých teplot pro monitorování vzniku nebo rozvoje trhlin ve svarových spojích, validace SW CIVA pro materiály VVER s následným využitím pro ultrazvukovou metodu v oblastech virtuálních zkušebních těles, provádění 3D skenování povrchů a měření rozměrů v nepřístupných místech z důvodu vysoké radiace, kontroly ozářených betonů.

### Abstract

This paper discusses current or upcoming projects of the Research Centre Rez for the field of perspective NDT methods such as the use of nonlinear ultrasonic spectroscopy methods and magnetic memory of the equipment as scanning methods for detecting cracks in the pipeline sections for the selection of welded joints with a potential crack, development of on-line ultrasonic system to high temperatures to monitor the formation or development of cracks in welded joints, validation of SW CIVA for VVER materials with subsequent use for ultrasonic method in areas of virtual test pieces, 3D surface scanning and measurement of dimensions in unacceptable places due to high radiation, inspections of irradiated concrete.

### Prostředí – současný stav

Vývoj a výzkum perspektivních NDT metod je řešen v rámci stávajících projektů CVŘ nebo bude řešen v rámci připravovaných VaV projektů pro národní centrum kompetence (v rámci NCK – Energetika) nebo TAČR Théta 2. výzva.

Pro odhalení a případně pro monitorování rozvoje trhlin, opotřebení ve strojních zařízeních implementuje provozovatel program provozních kontrol a program údržby, u nichž metody zkoušení, četnost a rozsah kontrol vychází z provozních zkušeností a z rizikového hodnocení komponent.

V rámci níže uvedených VaV projektů probíhá nebo proběhne výzkum a vývoj perspektivních nedestruktivních metod, jejichž použití bude využitelné v rámci programu provozních kontrol elektráren:

#### **Výzkum a vývoj nových perspektivních metod pro detekci defektů ve svarových spojích**

V dnešní době se kontrola svarových spojů na přítomnost provozních defektů typu trhlina a monitorování jejich změn provádí ultrazvukovou metodou (UT) nebo v některých případech radiografickou metodou (RT). Další možností je využití měření akustické emise při pevnostních tlakových zkouškách.

V případě existence kvalitativní metody, která by zjistila vznik a změny typu trhlina ve svarových spojích v určité části potrubního systému nebo pomocí které by se kontrola na přítomnost a změny trhlin mohla provádět přes izolaci nebo rychlejším způsobem oproti klasickým metodám, by se mohly objemové kontroly svarových spojů jako např. metodou UT nebo RT (pro potvrzení detekce trhlin, stanovení rozměrů a polohy trhlin apod.) provádět jen v již vytipovaných svarových spojích.

## **Výzkum a vývoj v oblasti simulací trhlin ve svarových spojích prostřednictvím SW nástrojů**

V dnešní době je ve světě kladen důraz na modelování a simulování NDT trhlin a pravděpodobnosti detekování trhlin (Probability Of Detection). V ČR se SW nástroje používají zejména pro optimalizaci sond a inspekčních postupů. Výzkum a vývoj proběhne pro materiály a komponenty českých JE.

### **Výzkum a vývoj v oblasti stanovení rozměrů v místech se zvýšenou radiací**

Změna vůle mezi perem tlakové nádoby reaktoru a drážce šachty reaktoru může vést k nežádoucím vibracím za jejich provozu. Stanovení rozměrů v místě se zvýšenou radiací vyžaduje výzkum a vývoj měřicího zařízení včetně jeho kvalifikování na podmínky prostředí.

### **Výzkum a vývoj on-line ultrazukového diagnostického systému pro monitorování stavu a rozvoje trhlin svarového spoje za provozu**

V dnešní době se provádí monitorování rozměrů trhlin při odstaveném zařízení, s umožněným přístupem ke komponentě za podmínek vhodných pro provedení plnohodnotné kontroly. Při tomto způsobu provádění kontrol nelze zjišťovat provozní režimy/stavy, kdy dochází k rozvoji trhliny nebo jen velmi omezeně. Za provozu lze např. metodou akustické emise monitorovat existenci emisních událostí, ze kterých lze usuzovat na kvalitativní změny v místě trhliny. Přímé měření svarového spoje a stanovení okamžiku vzniku, resp. rozvoje defektu pomocí diagnostického systému umožní provozovateli elektrárny přijmout opatření k eliminaci nebo omezení nežádoucích jevů.

### **Výzkum a vývoj použití metod nelineární akustické emise nebo vyhodnocování šumů neutronového toku z ionizačních komor na detekování trhlin v ozářeném betonu.**

V dnešní době neexistují použitelné nedestruktivní metody na monitorování trhlin v ozářeném betonu.

### **Výzkum a vývoj pro zjišťování plošné 3D profilometrie vnitřního povrchu**

Při stanovování tloušťky potrubních systémů se v dnešní době používá ultrazuková metoda, měření jsou prováděna bodově nebo v liniích bez vztahu k vnějšímu profilu. Měření tloušťky se současným využitím zařízení pro měření 3D vnějšího profilu se neprovádí.

## **Přínosy a užitek z projektů**

Nové technologie a přístupy pro zajištění bezpečného a spolehlivého dlouhodobého provozu jaderných a klasických zdrojů elektrické energie v ČR a v zahraničí (SR, Maďarsko apod.). V jednotlivých oblastech projektu se jedná o následující přínosy:

- a) Při prokázání vhodnosti metody nelineární spektroskopie elastických vln pro aplikování na JE nebo KE pro účely detekování změn typu trhliny ve svarových spojích potrubních systémů může každoroční měření při odstávce bloku JE nebo KE bez nutnosti drenážování potrubních tras, demontování izolací apod. provést zmonitorování velkého rozsahu potrubního systému nacházejícího se v prostoru mezi snímači. Na JE Temelín se v případě použití snímačů a tras systému LEMOP a ACMS jedná o hlavní cirkulační potrubí a připojená potrubí po první uzavírací armaturu. Na KE bude použita této metody zejména u svarových spojů parovodů.
- b) Vyvinutá metodika na validaci použití SW CIVA na simulování trhlin v materiálech 22K povede k určení simulovaných odezev na ultrazukový signál pro různé velikosti defektů. Toho bude možno využít:
  - ke zpřesnění stanovení rozměrů trhlin ve svarových spojích při reálných měřeních.
  - při kvalifikování inspekčních postupů, kdy praktické zkoušky budou moci proběhnout na větším počtu vad (vedle vad nacházejících se ve vyrobených zkušebních tě-

lesec tak i na simulovaných vadách). Tímto využitím simulací bude rovněž možno snižovat náklady na výrobu zkušebních těles.

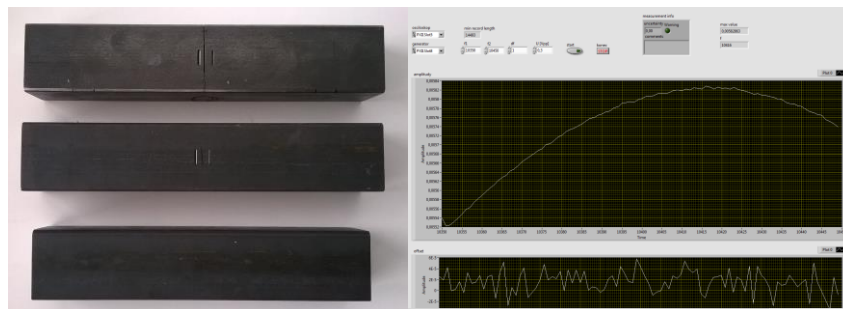
- k tréninku a udržování způsobilosti defektoskopických pracovníků.
- Nově vyvinuté zařízení na měření rozměrů per tlakové nádoby reaktoru a drážek šachty reaktoru v místech s vysokou radiací bude možno využít pro stanovení aktuálních vůlí per a drážek s možností jejich porovnání s výchozím a projektovým stavem. Při opakovaných měřeních bude možno stanovit jejich případný trend.
  - Experimentálně ověřený on-line ultrazvukový diagnostický systém bude možno využít pro monitorování a predikci stavu kritických svarových spojů s provozní vadou (trhlinou vycházející z vnitřního povrchu) za provozu technologického systému, ve kterém se svarový spoj nachází. Diagnostický systém musí být provozuschopný za vysokých teplot do 330 °C a v případě jaderných elektráren i v radiačním prostředí.
  - V případě ověření bude možno využít navrhované nedestruktivní metody ke stanovení stupně degradace betonů v betonové šachtě reaktoru typu VVER.
  - Nově vyvinuté metody plošné 3D profilometrie vnitřního povrchu vč. rozložení tloušťek bude možno využít např. při porovnání skutečného a projektového vnějšího a vnitřního profilu nebo bude moci sloužit k vyhodnocování změn strojních komponent na vnitřním povrchu např. z důvodu vnitřní plošné koroze nebo eroze nebo v souvislosti se změnami z důvodu tečení materiálu apod.

### Definice výstupů z projektů

- Užitný vzor na použití metody NEWS pro detekci a sledování rozvoje trhlin.
- Normativní dokument pro validaci použití SW CIVA na simulování trhlin v materiálech 22K v NTD A.S.I. Sekce VII.
- Prototyp zařízení na měření rozměrů v místech s vysokou radiací.
- Výstupem z této části bude užitný vzor.
- Výstupem bude ověřená nedestruktivní metoda.
- Výstupem bude prototyp zařízení.

### Závěr

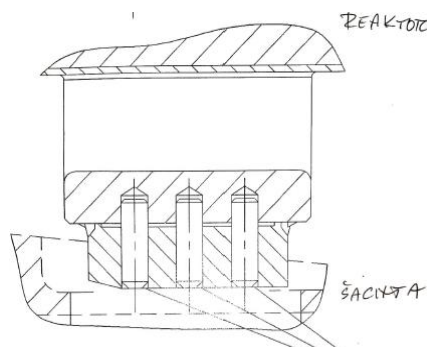
V článku jsou diskutovány aktuální nebo připravované projekty Centra výzkumu Řež pro oblast perspektivních nedestruktivních metod, které po jejich realizaci mohou přispět k lepší kontrolovatelnosti stavu komponent a tím i ke zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti elektráren.



Obr. 1: Zkušební tělesa pro ověřování metody NEWS a výstupní obrazovka z ověřování

Tabulka 1: Výstupy z ověřování metody NEWS na zkušebních tělesech z obr. 1

napětí (V)	VV4 (otevřená trhlina)		VV8 (zavřená trhlina)		VV12 (bez trhliny)	
	u drážky (Hz)	pod drážkou (Hz)	u drážky (Hz)	pod drážkou (Hz)	u drážky (Hz)	pod drážkou (Hz)
abs. změna	6	3	27	17	5	0
rel. změna	0,07%	0,04%	0,27%	0,17%	0,05%	0,00%



Obr. 2: Schématický výkres pera na tlakové nádobě reaktoru a drážky na šachtě reaktoru



Obr. 3: Příklad chlazeného klínu a zobrazení experimentální sestavy na měření PAUT při vysokých teplotách

## Literatura

- [1] EPRI document 3002010302 *High-Temperature Nondestructive Evaluation Development and Application*.

## Poděkování

Presentované výsledky byly finančně podpořeny Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy – projekt LQ1603 Výzkum pro SUSEN. Práce byla realizována na velké infrastruktuře Udržitelná energetika (SUSEN) vybudované v rámci projektu CZ.1.05/2.1.00/03.0108.