

VÝZKUM PRO UMOŽNĚNÍ BEZPEČNÉHO PROVOZU PAROVODŮ S MAKROTRHLINAMI

RESEARCH FOR SAFE OPERATION OF STEAM PIPELINES WITH DETECTED MAKROCRACKS

Jiří Lukáš

ČEZ a.s., Technická kontrola a diagnostika KE

Abstrakt

Příspěvek popisuje interní VaV projekt ČEZ, a. s., jehož cílem bylo získání postupu k hodnocení životnosti parovodu s výskytem trhliny a získání diagnostických postupů k monitorování jejího růstu. Jedná se o úlohu, kdy po diagnostice ohybu parovodu je zjištěna na základním materiálu ohybu mikrotrhlina nebo trhlina omezeného rozměru a je nutné posouzení možnosti provozu do doby, kdy bude zajištěn náhradní díl nebo do doby plánovaného dožití bloku.

Abstract

The paper describes the internal CEZ R & D project, which aimed at obtaining a procedure for evaluating the life-time of the steam pipelines with crack occurrence and obtaining diagnostic procedures for its monitoring. There is presented the task when, the crack with limited size or micro-crack is detected by diagnostic in the base material of the bend of steam piping. In the case is necessary to assess of occasion of the unit operation up to a time when the spare part is ensured or the planned lifetime of the unit.

1. Historie řízení životnosti parovodů

V oblasti řízení životnosti parovodů došlo za posledních 20 let k významnému posunu a rozvoji výpočetních a diagnostických metod. V ČEZ, a. s. lze konstatovat tyto změny v přístupu k hodnocení provozuschopnosti parovodů:

- do roku 2000 – životnost hodnocena na základě měření tečení a hlavně odběru vzorků parovodů – pro výměnu postačuje **konstatování, že došlo k rozpadu struktury** (k té dochází minimálně v polovině životnosti),
- 2000 – 2009 – životnost hodnocena na základě **pouhého výskytu creepových kavit** při odběru replik z povrchu parovodů,
- 2009 – 2011 – připouští se výskyt kavit s hodnocením 3a dle VGB,
- 2011 – dále – připouští se výskyt kavit s hodnocením 4a – vznik mikrotrhliny je signál pro výměnu,
- během let 2011 – 2014 ČEZ a.s. realizoval VaV projekt „Mikrotrhliny“, kterým byla potvrzena možnost provozovat do zjištění mikrotrhlin.

Z hlediska hodnocení parovodů před cca 20 lety by bylo nutné parovody na všech starých OJ již vyměnit.

V roce 2016 byl ČEZ, a.s. vyhlášen a následně realizován VaV projekt „Výzkum pro umožnění bezpečného provozu parovodů s makrotrhlinami“.

2. Cíle VaV projektu „Výzkum pro umožnění bezpečného provozu parovodů s makrotrhlinami“

- a) Prodloužení provozuschopnosti parovodů při zachování přípustné míry rizika (monitorovaný provoz s makrotrhlinou), což představovalo:
 - získání odborných podkladů, které umožní vytvoření postupů pro posouzení možnosti provozu parovodů se zjištěnými makrotrhlinami na parovodech dosluhujících elektráren (pro materiál 15 128 (0.5CrMoV),
 - posouzení stavu parovodů a možnosti jejich provozu na elektrárnách, které využívají materiály nové generace (P91/P92 – retrofity elektráren Tušimice a Prunéřov, nový zdroj B6 elektrárny Ledvice a paroplyn elektrárny Počerady),
 - zefektivnění diagnostiky parovodů a optimalizace nákladů na diagnostiku.
- b) Eliminace doby neplánované odstávky, která nastává při neočekávaném výskytu makrotrhlin na parovodu.
- c) Popis postupu hodnocení životnosti parovodů vyrobených z materiálů nové generace (9 % Cr martenzitické oceli – tj. P91 a P92), které jsou použity na elektrárnách po komplexní obnově a na nových zdrojích. Získání informací o chování této skupiny materiálů.

3. Etapy a jejich výstupy

Etapa	Řešitel	Výstup etapy
1	ÚAM Brno	Návrh standardu pro výpočet doby provozu s definovanou trhlinou NTD – ASI – VIII – 1 – 2017.
2	MMV Ostrava	Stanovení materiálových charakteristik potřebných pro výpočet růstu defektů za podmínek odpovídajících provozním podmínkám parovodů, Makrotrhliny – Etapa 2 DA, T-83/2015.
3	Boteg	Doporučení podpořit žádost o grantový projekt zaměřený na další výzkum metody CWI. Prozatím nenasazovat metodu NEWS a CWI do provozní praxe.
4	Sobriety	Doporučení podpořit žádost o grantový projekt zaměřený na další výzkum potenciálové metody ve smyslu doporučení shrnutých v opo- nentském posudku. Prozatím nenasazovat hromadně metodu měření tečení materiálu pomocí potenciálové metody do provozní praxe.

3.1 Ukázka pilotního nasazení NTD-ASI-VIII-1-2017

Podle navržené metodiky NTD – ASI – VIII – 1 – 2017 byl proveden na jednom z bloků ČEZ pilotní výpočet provozní doby do roztržení parovodu náhlým lomem na parovodu z materiálu 15 128.5.

Typ trhliny	Vypočtená kritická velikost	Doba bezpečného provozu		
		ccg	ccg + fcg	shift
semi-eliptic a/c=0,5	26,09/52,18	108 400	108 170	105 940
semi-eliptic a/c=0,25	23,18/92,72	80 670	80 350	77 000
semi-eliptic a/c=0,125	21,03/168,24	63 740	63 430	60 260
semi-eliptic a/c=0,0625	19,65/314,40	53 900	53 790	51 080
semi-eliptic a/c=0,03125	18,85/603,20	48 530	48 300	45 930
Axialní prodloužená	17,93	41 960	41 760	39 840

Průběh bezrozměrného parametru růstu trhliny a FAD diagram jsou znázorněny na obr. 1 a obr. 2 [1].

3.2 Výstupy z materiálové etapy

V rámci 2. Etapy projektu bylo obecně šetřeno:

- Byla stanovena závislost růstu creepové trhliny na velikosti faktoru intenzity napětí K_1 pro jednotlivé zkušební vzorky, které byly vystaveny různým provozním podmínkám.
- Získané materiálové vlastnosti byly porovnány s materiálovými vlastnostmi, které byly použity při výpočtech pro zkušební vzorky v provozu.
- Znalosti těchto materiálových vlastností umožňuje jejich aplikaci při výpočtech životnosti parovodů s provozovanou makrotrhlinou.

3.3 Ukázka dílčích prací v oblasti vývoje diagnostických metod

V rámci rozvoje metod NEWS (SSM a CWI) bylo provedeno:

- Počítačová simulace pro posouzení vlivu diagnostikovaného objemu, vlivu typu materiálu, vlivu geometrie a provozních vlivů.
- Experimentální nasazení pro měření vlivu vlnovodů a měření rozdílů nelineárních parametrů vadného a bezvadného kusu parovodu. Na nepoškozených a poškozených ohybech parovodu, byly vytvářeny umělé vady zářezy (viz obr. 3) a také bylo testováno, zda zachytí tyto metody růst nacyklované únavové trhliny (viz obr. 4) [1].

V rámci rozvoje potenciálové metody bylo provedeno:

- využití potenciálové metody pro měření tečení – výzkum vlivu kolísání teploty na měř. deformací potenciálovou metodou, srovnání měření při provozu a za odstávky, odečet a porovnání deformace intradosu a extradosu,
- vývoj software pro měření a vyhodnocení měření tečení,
- šetření změn elektrických vlastností ocelí při degradaci oceli,
- zkušební měření na vzorku s vyčerpanou creepovou životností.

- Byly stanoveny vlivy materiálových změn vlivem stárnutí na měření PM:
 - a) 3. fáze tečení,
 - b) změna měrného elektrického odporu,
 - c) vznik anizotropie,
 - d) frekvenční sweep – teoreticky možný odhad velikosti creepového poškození.
- Byly stanoveny metodické postupy a doporučení ke zvýšení citlivosti a přesnosti měření:
 - a) provedena optimalizace nízkofrekvenční ACPDb),
 - b) provedena analýza termoelektrických vlivů při měření PM.

4. Stanovisko TIČR

TIČR vydal kladné stanovisko k využití výstupů z Etapy č. 1 a č. 2 v praxi. Konkrétně se jedná o:

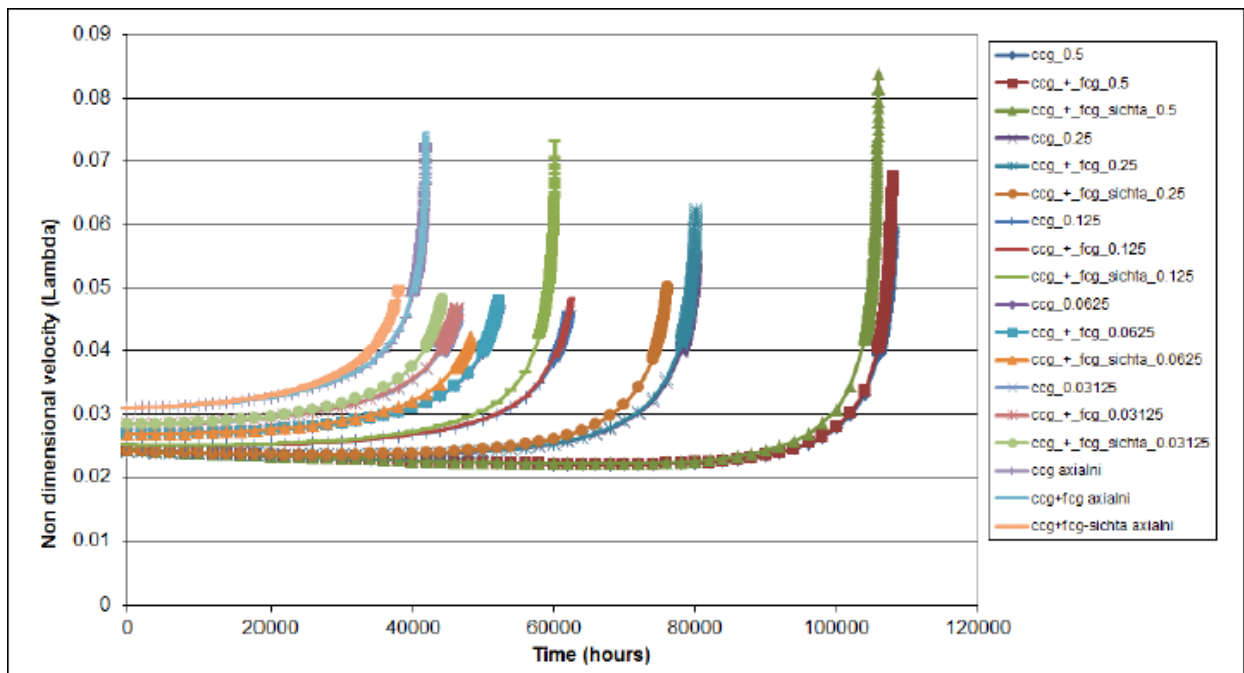
- Etapy č. 1: standard NTD – ASI – VIII – 1 – 2017, „Metodika hodnocení defektů na zařízeních pracujících při vyšších teplotách a jeho využití při výpočtu parovodů“.
- Etapy č. 2: Vývoj postupu pro určení stavu materiálu na základě vyhodnocení replik pro skupinu ocelí P 91/92, Makrotrhliny – Etapa 2 C, září 2017.
- Stanovení materiálových charakteristik potřebných pro výpočet růstu defektů za podmínek odpovídajících provozním podmínkám parovodů, Makrotrhliny – Etapa 2 DA, T-83/2015, prosinec 2015.

5. Závěr

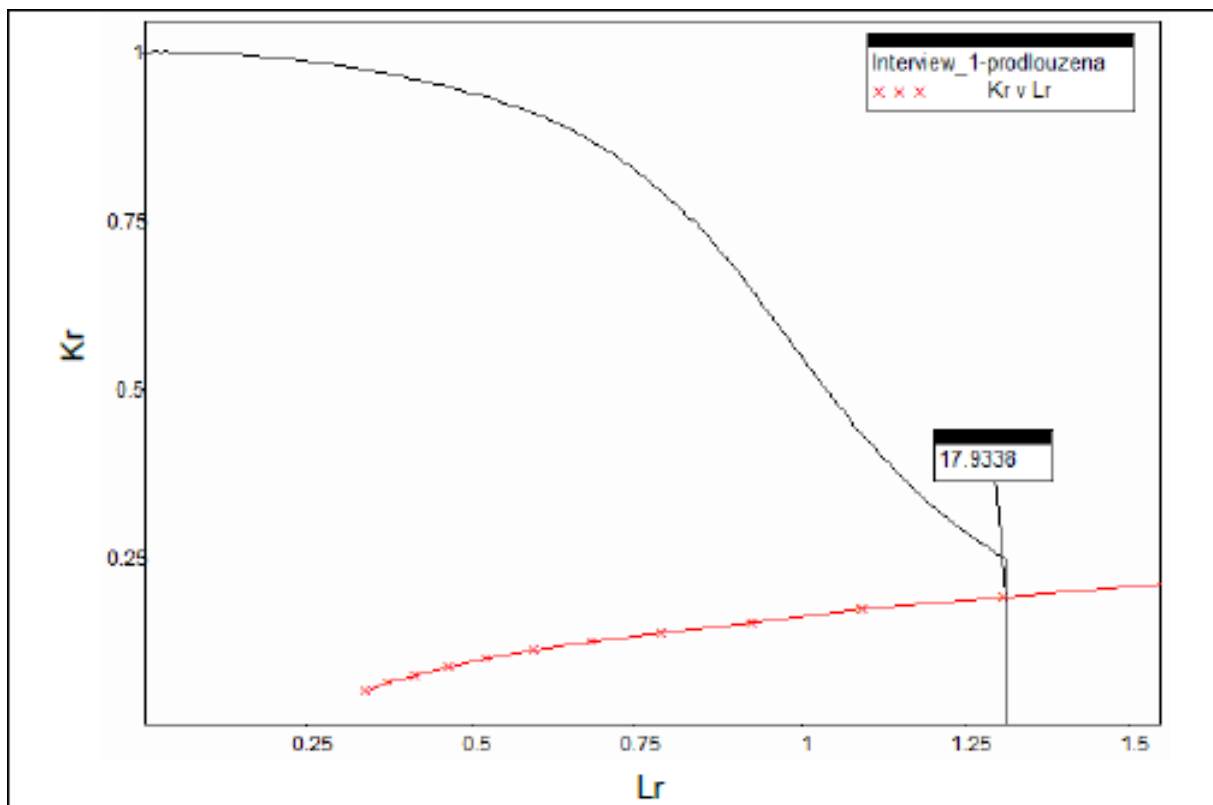
VaV projekt přinesl metodický posun v oblasti řízení životnosti parovodů, stanovení možnosti jejich provozu i v případě zjištění trhliny na parovodu. Výsledky VaV projektu jsou zpracovány do návrhu revize technického standardu Programu řízení životnosti parovodů na klasických elektrárnách v ČEZ, a. s. a jsou využívány v praxi pro řešení možnosti provozu takto dožitých dílčích částí parovodů.

Literatura

[1] Kolektiv řešitelů VaV projektu: *Dílčí výzkumné zprávy VaV projektu a jejich presentace.*



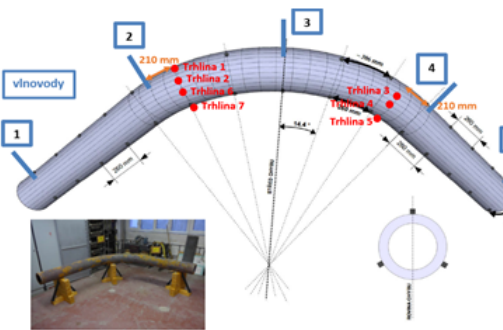
Obr. 1: Průběh bezrozměrného parametru růstu trhliny



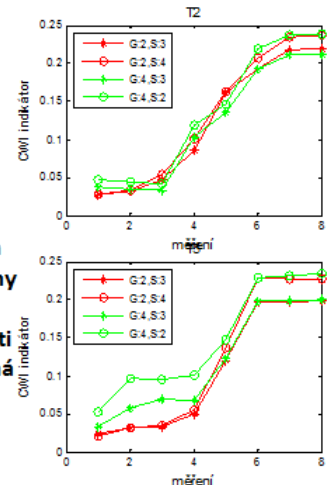
Obr. 2: Příklad zhotoveného FAD diagram pro podélnou trhlinu [1]

3CB - Experimentální nasazení pro měření vlivu vlnovodů a měření rozdílů nelineárních parametrů vadného a bezvadného kusu parovodu

- Srovnání materiálů 15128, P91/P92, vliv snímačů, vlnovodů, měřící místo, aparatura, měření defektních a bezvadných kusů, NEWS vs CWI výsledky (kontrolní měření)
- Odstranění nelinearity snímačů (nepomohlo k nalezení umělých náhradních vad)
- Design vlnovodů (5 dB pokles citlivosti snímače)
- Design měřícího místa
- Metalografie a NDT ejektoru (=> nevhodný pro další měření)
- NEWS metody necitlivé na vytvořené umělé náhradní vady
=> použití upravené metody CWI (Coda Wave Interferometry)



- Umělé vruby tvořené diamantovým kotoučem
- Vzdálenost vlnovodů 180 cm
- Necitlivost na orientaci trhliny
- Obousměrně stejná citlivost
- Změna signálu o 100 % oproti výchozímu stavu jako vhodná hranice detekce trhlin od 2 mm hloubky

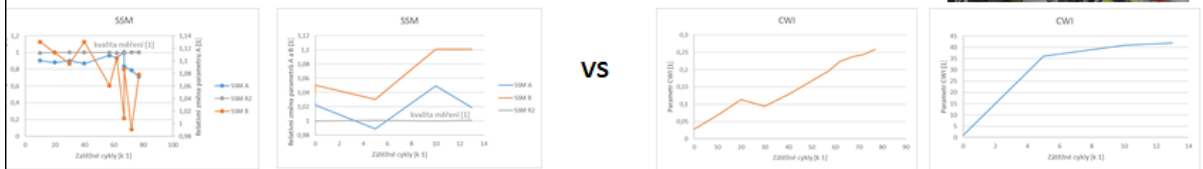


Obr. 3: Měření metodami NEWS na ohybu parovodu [1]

3CB - Experimentální nasazení pro měření vlivu vlnovodů a měření rozdílů nelineárních parametrů vadného a bezvadného kusu parovodu

- Srovnání materiálů 15128, P91/P92, vliv snímačů, vlnovodů, měřící místo, aparatura, měření defektních a bezvadných kusů, NEWS vs CWI výsledky (kontrolní měření)
- Odstranění nelinearity snímačů (nepomohlo k nalezení umělých náhradních vad)
- Design vlnovodů (5 dB pokles citlivosti snímače)
- Design měřícího místa
- Metalografie a NDT ejektoru (=> nevhodný pro další měření)
- NEWS metody necitlivé na vytvořené umělé náhradní vady
=> použití upravené metody CWI (Coda Wave Interferometry)

- Změna parametru SSM B je čitelná (u tlusté desky hned s počátku vysoká), avšak modifikace CWI je citlivější řádově na růst trhlin



Obr. 4: Měření růstu trhliny pomocí metod NEWS a potenciálovou metodou při cyklickém namáhání [1]