

ODBĚR VZORKŮ NÁVARU Z VNITŘNÍHO POVRCHU TNR 3. BLOKU JE DUKOVANY PRO HODNOCENÍ RADIAČNÍHO POŠKOZENÍ

SAMPLING OF REACTOR PRESSURE VESSEL INNER CLADDING FOR RADIATION DAMAGE EVALUATION OF DUKOVANY NPP UNIT 3

Radek Konop a Petr Šmolík

ŠKODA JS a.s.

Abstrakt

Pro hodnocení stavu a životnosti tlakové nádoby reaktoru z hlediska radiačního poškození, resp. zkřehnutí se používá kombinace výpočtů a experimentálních metod, jejichž cílem je stanovení fluence rychlých neutronů. Mezi experimentální metody patří kromě jiného odběr vzorků návaru z vnitřního austenitického návaru tlakové nádoby reaktoru ve formě drobných kovových třísek, u nichž se následně stanovuje aktivita. Prezentovaný příspěvek přináší informaci o přípravě a realizaci odběru vzorků návaru na 3. bloku JE Dukovany v roce 2017.

Abstract

The combination of calculations and experimental methods for the fast neutron fluence assessment is basis for lifetime evaluation of reactor pressure vessel. Sampling of reactor pressure vessel inner cladding belongs among these experimental methods. This paper presents information about the preparation and realization of sampling on NPP Dukovany Unit 3.

Obecný popis odběru vzorků návaru

Účelem provedení odběru vzorků materiálu z návaru TNR 3. bloku EDU je zpřesnění stanovení fluencí rychlých neutronů dopadajících na TNR reaktorů VVER-440, kvalifikace výpočtů fluence v axiálním maximu fluence a v rovině svaru č. 3 (5/6) a rovněž kvalifikace výpočetních postupů pro stanovení fluencí neutronů v oblastech nad AZ reaktoru VVER 440. Přesnost stanovení fluence rychlých neutronů je jedním z nejdůležitějších faktorů při hodnocení zbytkové životnosti TNR.

Odběr vzorků vnitřního návarového kovu TNR je v současnosti jedinou ověřenou možností, jak získat přímé experimentální výsledky o hustotě toku a fluenci neutronů na vnitřní stěně TNR. První odběr byl proveden na stejné TNR v roce 2005 v rámci projektu VaV dotovaného SÚJB. Druhý odběr byl pak proveden o 3 roky později na TNR 2. bloku Arménské JE již jako komerční zakázka.

Odběr vzorků návaru byl proveden pomocí jednoúčelového modulu OVZ, který je namontován na manipulátor provádějící provozní kontroly TNR z vnitřní stěny. Veškeré informace o vývoji modulu OVZ a provedení odběru vzorků návaru na JE Dukovany v roce 2005 jsou uvedeny v závěrečné zprávě projektu [1].

Modul OVZ odebírá třísky návaru postupným odfrézováním materiálu pomocí tvarové dvoubřité čelní frézy. Odebírání třísek probíhá pod vodou a třísky jsou odsávány do zásobníků modulu OVZ. Uvnitř zásobníku je umístěno sítko, na němž se zachytávají třísky. Modul je schopen na jedno nasazení odebrat vzorky až z 8 různých míst na TNR. Hloubka drážek je plánována maximálně 0,8 mm, šířka 4 až 5 mm je dána hloubkou drážky a tvarem frézy. Délka drážek v roce 2005 byla cca 80 mm, pro odběr v roce 2017 byly zvoleny dvě délky – 50 a 80 mm. Schematicky je modul OVZ v TNR zobrazen na obr. 1.

V rámci ověřovacích zkoušek před prvním odběrem v roce 2005 byla ověřena účinnost zachytu třísek a vyhodnocena na více než 90 %.

Před vlastním odběrem se provádí kontrola míst odběru za účelem vyloučení necelistvosti v okolí budoucích drážek. Po odběru se pak provádí vizuální nepřímá kontrola s rozměrovou kontrolou a kontrola vířivými proudy nových drážek a vybraných původních drážek.

Po odběru materiálu byla fluence neutronů v místě odběru stanovena z měřené aktivity izotopů Fe, Ni a Nb 93 ve společnosti Centrum výzkumu Řež s.r.o. Prahové reakce na Fe a Ni budou využity k ocenění správnosti koeficientů zeslabení hustoty toku neutronů přes stěnu TNR, prahová reakce na Nb 93 pak ke stanovení fluence za celou dosavadní dobu provozu reaktoru.

Příprava na odběr vzorků

V první řadě bylo nutné stanovit počet a umístění drážek, resp. odebíraných míst. Výběr míst provedla společnost Centrum výzkumu Řež, s.r.o. jako objednatel odběru a jako společnost, která provádí měření aktivit odebraných vzorků a hodnotí fluenci rychlých neutronů. Místa byla zvolena s ohledem na 8 drážek vzniklých při odběru v roce 2005 na stejném, tedy 3. bloku JE Dukovany. Počet byl stanoven na 16, tzn., že odběr musel být proveden na dvakrát (modul OVZ může odebrat na jedno ponoření vzorky maximálně z 8 míst).

Nedílnou součástí přípravy na odběr vzorků bylo vypracování rozsáhlé dokumentace, kterou v rámci žádosti o povolení odběru předkládala na SÚJB společnost ČEZ, a.s. jako provozovatel zařízení. Mezi základní dokumenty patřily kromě jiného

- výpočtová zpráva o vlivu drážek v návaru TNR EDU na únavové poškození a na odolnost proti náhlému lomu [2],
- technologický postup pro odběr vzorků návaru,
- plán kontrol a zkoušek.

Prvním důležitým výstupem zprávy bylo stanovení minimální přípustné vzdálenosti mezi drážkami a to 2,4 mm. Pro tuto vzdálenost mezi drážkami v axiálním směru TNR dochází k zanedbatelné změně velikosti a rozložení napětí v drážce a jejím okolí. Pro vlastní odběr byla konzervativně předepsána minimální vzdálenost mezi drážkami 20 mm. Dále bylo ve zprávě konstatováno, že

- ve všech výpočtových bodech je se značnou rezervou splněna podmínka $D < 1$ pro kumulativní únavové poškození,
- výpočtový bod, kde kumulativní únavové poškození dosahuje svého maxima, $D = 0,107204$ pro 60 let provozu se nachází ve vrcholu drážky,
- vzhledem ke skutečnosti, že existence drážky mírně snižuje napjatost na rozhraní mezi návarem a základním materiálem v oblasti pod drážkou, vliv drážky na únavové poškození na rozhraní je nulový,
- odolnost TNR proti náhlému lomu není ovlivněna vytvořením drážek, a tedy zbytková životnost TNR není dotčena.

Samozřejmou součástí přípravy bylo provedení zkoušek tvarových fréz a ověření funkčnosti modulu OVZ pro odběr vzorků návaru. Před vlastními zkouškami bylo provedeno několikanásobné ověření funkčnosti modulu OVZ na suchu i pod vodou. Poté byly provedeny zkoušky celkem pěti kusů tvarových fréz, které byly připraveny pro vlastní odběr na TNR 3. bloku JE Dukovany. Podstatou zkoušek tvarových fréz je především ověření, že nástroj na dně drážky nevytvoří patrnou ostrou stopu po špičce ostří frézy a nevykazuje na svém ostří viditelné stopy otupení nebo špatné geometrie nabroušení. Zkoušky tvarových fréz byly úspěšné. Poté byl rovněž úspěšně proveden zkušební odběr ve společnosti ŠKODA JS a.s. v Plzni před zástupci společností ČEZ, a. s., ÚJV Řež, a.s. a Centrum výzkumu Řež s.r.o.

Realizace odběru vzorků návaru

Před vlastním odběrem byly provedeny NDT kontroly za účelem vyloučení necelistvostí v místech původních drážek z roku 2005 a v místech plánovaných drážek. Protokoly z těchto zkoušek byly vyhovující (zkouška vířivými proudy 24 míst drážek a celé TNR, zkouška ultrazvukem rozhraní návaru a základního materiálu TNR a zkouška vizuální nepřímá vnitřního povrchu TNR).

Dne 12. 9. 2017 byl odběr vzorků zahájen frézováním drážky č. 1 s nastavením hloubky frézování 0,49 mm. Během frézování bohužel došlo k poruše snímače polohy modulu OVZ a tím k vytvoření drážky o celkové délce 91,8 mm, tj. o 41,8 mm delší než plánovaná délka.

Na základě této události byl odběr zastaven a společnost ŠKODA JS byla vyzvána k vyjádření se k poruše modulu OVZ s navržením nápravných opatření pro odběr dalších drážek a k možnému vlivu delší drážky na výsledky provedených výpočtů. Obsahem stanoviska společnosti ŠKODA JS bylo, že po selhání automatizovaného režimu frézování je možné odběr vzorků dokončit v manuálním režimu s tím, že došlo ke zkrácení plánované délky drážky o 10 mm. Ohledně výpočtu bylo konstatováno, že změna délky drážky nemá vliv na výsledky a závěry uvedené ve výpočtové zprávě. Současně byly provedeny kontroly drážky č. 1 a to s vyhovujícím výsledkem pro kontrolu vířivých proudů a s výsledkem „k posouzení“ pro vizuální nepřímou kontrolu s rozměrovou kontrolou drážky.

Dne 13. 9. 2017 bylo rozhodnuto o pokračování odběru vzorků drážek 2 až 8 se zmenšenou hloubkou frézování 0,45 mm. Byla provedena kontrola funkčnosti modulu OVZ a v manuálním režimu byla vyfrézována další drážka. Po kontrole této drážky vířivými proudy a vizuální nepřímou kontrolou s rozměrovou kontrolou s vyhovujícím výsledkem, byly odebrány zbylé vzorky první sady osmi drážek.

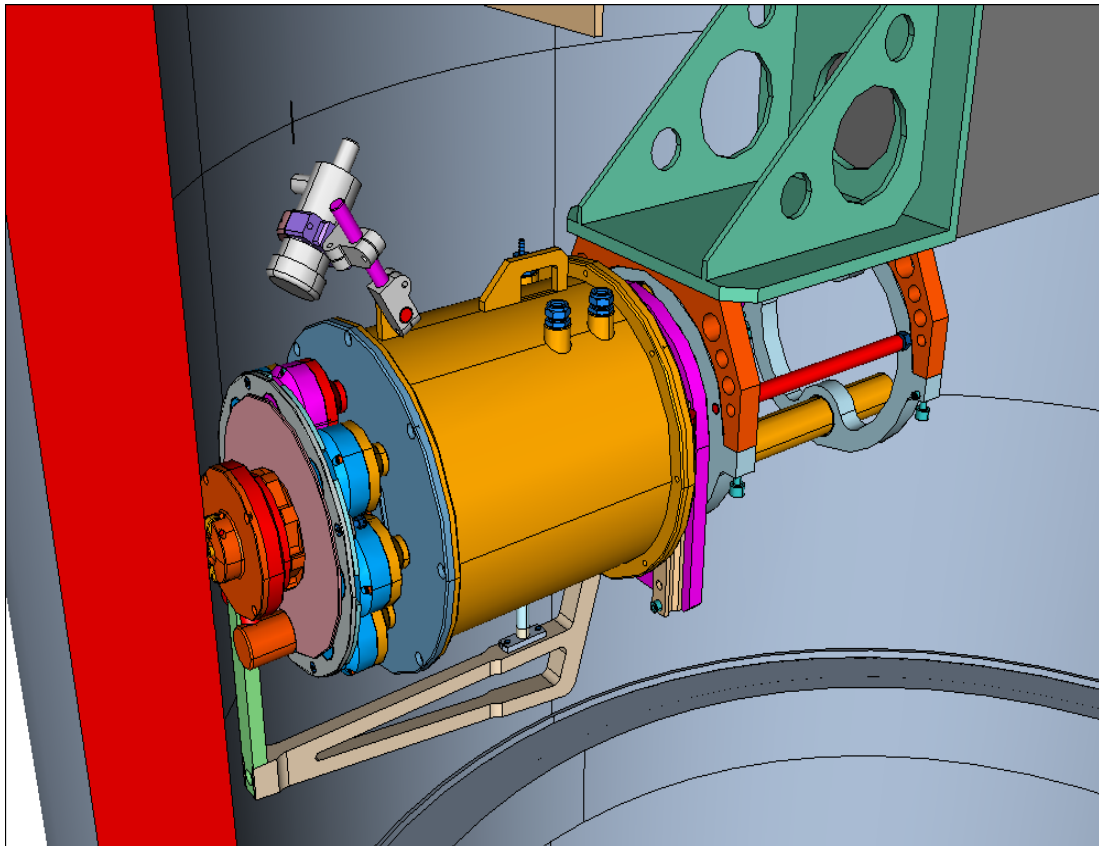
Dne 14. 9. 2017 byla provedena demontáž zásobníků modulu OVZ. Otevřené zásobníky s třískami byly vysušeny pod lampou, poté byly třísky vyjmuty a nasypány do předem označených ampulí a ty byly okamžitě uloženy do transportního kontejneru.

Před odběrem druhé sady vzorků návaru byly zásobníky vyčištěny a byla v nich vyměněna sítko. V modulu OVZ byla vyměněna fréza za novou a nastavena hloubka frézování opět 0,45 mm. Po opakovaném ověření funkčnosti modulu OVZ byly odebrány všechny plánované drážky druhé sady (drážky 9 až 16). Opět byly provedeny kontroly nových drážek a drážek původních z důvodu prokázání jejich neovlivnění novým odběrem. Jednalo se o kontrolu vizuální nepřímou s rozměrovou kontrolou drážek a mezer mezi původními a novými drážkami a o kontrolu vířivými proudy původních drážek z roku 2005 a nových drážek. Všechny kontroly byly s vyhovujícím výsledkem.

Součástí kontrol po odběru všech drážek byla také kontrola čistoty TNR. Nezachycené třísky byly následně v rámci plánovaného čištění dna TNR odstraněny.

Závěr

Kromě délky drážky č. 1 nepřekročily rozměry drážek plánované rozměry. Hloubka nepřesáhla limitní hodnotu 0,8 mm i kvůli nastavení hloubky frézování na 0,45 mm. Pro drážku č. 1 byla hloubka frézování 0,49 mm. Hmotnosti odebraných třísek jsou pro všechny drážky a plánované analýzy ve společnosti Centrum výzkumu Řež s.r.o. dostatečné. Všechny podrobnosti jsou pak shrnuty v závěrečné zprávě k odběru vzorků návaru na 3. bloku JE Dukovany v roce 2017 [3].



Obr. 1: Modul OVZ v poloze prováděného odběru v TNR

Literatura

- [1] Hógel, J., Brynda, J. a spol. (2005): *Závěrečná zpráva o řešení projektu VaV 01/04 „Odběr vzorků materiálu z vnitřku tlakové nádoby energetického reaktoru pro určení fluence rychlých neutronů“*, Ae 11810/Dok. Plzeň: ŠKODA JS a.s.
- [2] Lopaur, J., Macák, P. (2017): *Vliv drážek v návaru TNR EDU na únavové poškození a na odolnost proti náhlému lomu*, Ae 17022/Dok. Plzeň: ŠKODA JS a.s.
- [3] Konop, R., Šmolík, P. (2017): *Odběr vzorků návaru TNR 3.bloku JE Dukovny v roce 2017, technická zpráva*, Ae 17286/Dok, Rev.0. Plzeň, ŠKODA JS a.s.