

## **KONTROLY ZÁVITOVÝCH HNÍZD NÁTRUBKŮ HRK JE DUKOVANY**

### **INSPECTIONS OF THE THREADED NESTS OF HRK NPP DUKOVANY NOZZLES**

Pavel Zahrádka a Zdeněk Fulín

Centrum výzkumu Řež s.r.o.

#### **Abstrakt**

Přírubové spoje nátrubků havarijní regulační kazety (HRK) jsou možným zdrojem porušení těsnosti u jaderného reaktoru. Závitová hnízda a svorníky přírub mohou vykazovat za dobu provozu mechanické i korozní poškození, které je nutné sledovat a detailně vyhodnocovat. Pracovníky CVŘ byla realizována nová technika inspekce povrchu závitových hnízd a svorníků HRK na JE Dukovany. Klasická metoda kontroly závitových hnízd používá nepřímou vizuální kontrolu pomocí videoskopu. Nově se využívá metoda odběru replik, která dokáže nedestruktivně detekovat a následně i změřit poškození závitových částí jmenovaných komponent v řádu mikronů, a to po celé ploše závitu.

Výhodou replik oproti stávající nepřímé vizuální kontrole je možnost následně provést jejich přesné 3D skenování, čímž významně narůstá přesnost vyhodnocení nalezených vad a poškození s přesným určením jejich velikosti, tvaru a polohy. Současně lze repliky uchovávat pro pozdější srovnání z pohledu rozvoje provozního poškození.

#### **Abstract**

The flange joints of the emergency control cassette (HRK) nozzles are a possible source of leakage in a nuclear reactor. Threaded sockets and flange bolts may show mechanical and corrosion damage during operation, which must be monitored and evaluated in detail. CVŘ employees implemented a new technique for inspecting the surface of threaded sockets and HRK bolts at the Dukovany NPP. The classic method of inspecting threaded nests uses indirect visual inspection using a videoscope. A new way of taking replicas is used, which can non-destructively detect and subsequently measure damage to the threaded parts of the named components in the order of microns, namely the entire surface of the thread.

Compared to existing indirect visual inspection, the advantage of replicas is the possibility of their subsequent accurate 3D scanning, which significantly increases the accuracy of the evaluation of found defects and damage with the precise determination of their size, shape, and position. At the same time, replicas can be kept for later comparison from the point of view of operational damage development.

## Úvod

U závitů se vyskytují defekty způsobené jednak mechanickým poškozením, ale i korozním napadením. Povrch je velmi tvarově složitý a v případě potřeby vyhodnocení rozměrů je jejich stanovení velmi komplikované. Ještě komplikovanější je hodnocení defektů u vnitřních závitů, kde je omezena přístupnost k povrchu a měření je nutné provádět v místě zařízení.

Jedním z hodnocených míst, kde vznikl požadavek na posouzení stavu povrchu svorníků a závitových hnízd, byly přírubové spoje nátrubků havarijní regulační kazety na víku reaktoru elektrárny Dukovany. V případě závitových hnízd je jednou z mála použitelných metod měření nepřímou vizuální metodou pomocí videoskopu s funkcí stereoskopického měření. Toto měření je však omezené mnoha faktory, a to odlesky povrchu, měřená plocha by měla být kolmá k ose skeneru, což dokonce i u vnějších závitů bývá problém. Přesnosti těchto systémů se pohybují na úrovni desetin milimetru při optimálních podmínkách.

Při použití replikační hmoty je možné zachytit všechny povrchové defekty ve vybrané oblasti a zachytit jejich tvar s přesností až  $0,1 \mu\text{m}$ . Tuto repliku je navíc možné podrobit v laboratoři analýze pod mikroskopem a vzorky snadno dále uchovávat, pokud nedojde k jejich kontaminaci během odbírání. Společnost Centrum výzkumu Řež však navíc disponuje i zařízením pro práci s kontaminovanými vzorky, a i tyto repliky by bylo možné pomocí optického profilometru analyzovat.

K tvorbě repliky je však nutné splnit základní požadavky, aby výsledky dosáhly požadovaných přesností. Základem je čistota povrchu, výběr vhodné hmoty, vymezení prostoru odlitku a důležitý je i samotný proces plnění. Právě procesu odběru a vymezení odběrového prostoru se intenzivně věnujeme a v posledním roce jsme si osvojili metody přípravy přesných šablon a forem pomocí 3D tisku.

## Použité vybavení

K odběru replik používáme hmoty od společnosti Struers. Jde o dvousložkové hmoty tvrdnoucí stejně na vzduchu jakož i bez přístupu vzduchu, i pod vodou s obsahem kyseliny borité. Jejich aplikace je snadná pomocí dávkovací pistole či speciálního manipulátoru, který je v současné době vyvíjen pro aplikace pod vodou.

Tyto hmoty nanášíme do přípravků (forem), které navrhujeme vždy pro konkrétní aplikaci. V případě svorníků replikační hmotu odléváme do vaniček, které obsahují ve spodní části nálietek, kanálky pro optimální rozlévání hmoty a drážky pro zafixování hmoty ve formičce při vyjmutí svorníku.



Obr. 1: Svorník HRK umístěn ve formičkách pro odlévání repliky

U replik závitových hnízd byly nejprve použity dělené formy, kdy se celý povrch odléval ze čtyř částí vždy po 120° a následně po naskenování softwarově propojen. Později byla vyvinuta metoda, kdy jsme byli schopni odebrat 100 % povrchu v jedné replice. K tomu bylo nutné udělat několik testů a najít nejvhodnější poměr tloušťky stěny replikační hmoty spolu s vhodným způsobem aplikace replikační hmoty mezi závit a formu. Při každém odběru na elektrárně byla metoda inovována, za zlepšení kvality repliky a zkrácení celkové doby odběru.

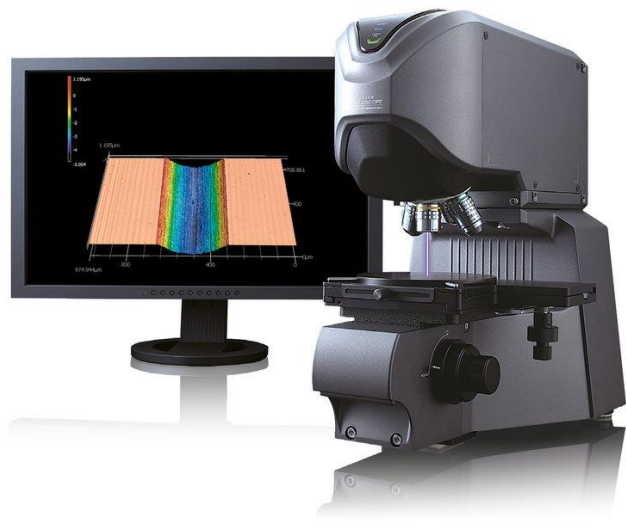


Obr. 2: Replika závitového hnízda (100 % povrchu vnitřního závitu)

### Průběh měření

Odběr replik probíhá na dílech očištěných od mastnoty a jiných nečistot. Pokud nedojde k pečlivému očištění, veškeré nečistoty jsou zachyceny případně otištěny do replikační hmoty. Při hodnocení je však možné nečistoty identifikovat na základě jiné barvy povrchu či opačné orientace indikací. Pokud je nečistot na replice větší množství, je nutné pro vyhodnocení stavu povrchu odběr opakovat. Při opakování odběru je povrch většinou dokonale čistý.

K vytvrzení dojde za 15 minut od aplikace hmoty. Po vyjmutí je nutno repliky vložit do nepropustného sáčku, jelikož na sebe může vázat vlivem statické elektřiny prachové částice. V laboratoři je následně provedeno vyhodnocení povrchových defektů. V první fázi je provedeno vizuální posouzení stavu povrchu. Vizuální kontrolou pod mikroskopem Zeiss Stemi 2000-c se zvětšením 6,5×. jsou identifikována místa a typ poškození. Vybrané defekty jsou potom analyzovány na laserovém skenovacím konfokálním mikroskopu VK X-100 při zvětšení 10-50 x, a to v závislosti na velikosti defektu. Vyhodnocení tvaru (profilu) defektu je prováděno s rozlišením až 1  $\mu\text{m}$  v ose Z.



Obr. 3: Laserový skenovací konfokální mikroskop VK X-100

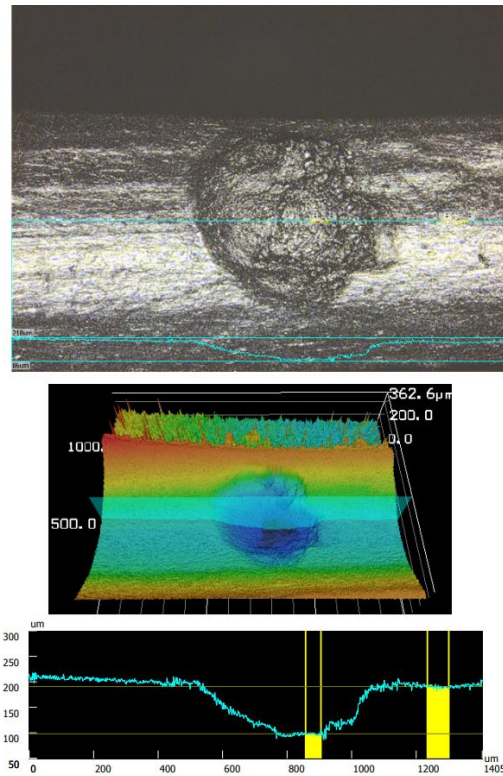
## Výsledky měření

Pomocí této metody je možné hledat korozní důlky, lineární indikace a mechanické poškození, kde s přesností jednotek mikronů můžeme měřit jejich velikost, hloubku a polohu.

Navíc díky výstupu v podobě 3D skenu lze stanovit celkovou geometrii defektu, a to nejen na úrovni měření hodnoty hloubky. Díky tomu lze lépe a přesněji zhodnotit působení degradačního mechanismu nebo poškození na materiál závitu.



Obr. 4: Detail korozního důlku



Obr. 5: měření rozměrů důlku pomocí laserového profiloměru

Tato metoda přináší možnost stanovit kritéria přípustnosti při hodnocení závětů. Na rozdíl od subjektivního vizuálního hodnocení nabízí tato metoda objektivní hodnocení, kde lze přesně určit, zda je defekt dle nastavených kritérií vyhovující či nikoliv.

## Závěr

Závětové části komponent jsou funkční části, které jsou namáhány nejen mechanicky, ale i dalšími degradačními mechanismy jako je koroze. Jejich stav je kontrolován zejména pomocí vizuální kontroly, která je ovšem subjektivní a hodnocení lze velmi obtížně kvantifikovat.

V případě zjištění poškození je u svorníků možná výměna, ovšem v případě výskytu poškození závitových hnízd přírub je výměna často výrazně nákladná. To se může týkat i velkých svorníků používaných v elektrárnách. V těchto případech má smysl sledovat jejich životnost a rozvoj degradačních mechanismů.

## Poděkování

Prezentované výsledky byly realizovány v rámci Institucionální podpory Ministerstva průmyslu a obchodu.

Práce byla realizována na výzkumné infrastruktuře Udržitelná energetika (SUSEN) vybudované v rámci projektu CZ.1.05/2.1.00/03.0108 a CZ.02.1.01/0.0/0.0/15\_008/0000293.

## Literatura

- [1] ZAHŘÁDKA, Pavel, FULÍN, Zdeněk. *3D měření závitových hnízd přírub nátrubků HRK reaktoru 4. bloku EDU 2022* CVŘ PL-4489/0. Plzeň 2022.
- [2] ZAHŘÁDKA, Pavel, VLČEK, Petr. *3D měření závitových hnízd přírub nátrubků HRK 2. bloku EDU*. CVŘ PL-4305/0. Plzeň 2022.
- [3] ZAHŘÁDKA, Pavel, VLČEK, Petr. *3D měření svorníků M36x4 nátrubků HRK 2. bloku EDU*. CVŘ PL-4269/0. Plzeň 2021.