

Oponentní posudek diplomové práce ve studijním oboru Aplikovaná mechanika

Název práce: Výpočet únavového poškození drážek hlavní dělicí roviny tlakové nádoby reaktoru

Autor: Bc. Tadeáš Jakub

Zhodnocení významu diplomové práce pro praxi:

V předkládané diplomové práci se autor detailně zabývá problematikou výpočtu únavové životnosti tlakové nádoby reaktoru (VVER 440), a to konkrétně oblasti drážek pro uložení těsnění hlavního přírubového spoje reaktoru.

V současné době, označované jako tzv. post-Fukushimské období, jsou témata, která se týkají zvyšování bezpečnosti v jaderném odvětví ještě více aktuální než v minulosti.

Přírubové spoje tlakové nádoby reaktoru patří celosvětově mezi největší přírubové spoje. Celá robustnost konstrukce šroubového spoje (kde každý ze 60šroubů M140 délky necelé 2 m váží přibližně 200 kg) výrazně kontrastuje s „titěrnou“ geometrií drážek a samotného těsnění. Těsnící niklový drát má průměr pouhých 5 mm. Samotná „v“ drážka tak přirozeně představuje významný koncentrátor napětí i deformace.

Ve zprávě jsou publikovány jedinečné výsledky popisující rozložení a rozvoj celkové deformace v oblasti drážek při vtlačování těsnícího drátu do drážek v průběhu individuálních utahovacích zátěžných cyklů.

Vyjádření k postupu řešení problému a splnění určeného cíle:

V úvodu předkládané diplomové práce je definován hlavní cíl práce jako přezkoumání únavového poškození drážek, vytvoření 2D rotačně symetrického modelu celé oblasti příruby a simulační implementace cyklické výměny těsnění s následnou podrobnou analýzou rozvoje plastické deformace v hodnocených oblastech. Pro splnění těchto cílů autor překonává mnohé problémy, včetně úspěšného zvládnutí řešení silně nelineárního systému. V podobě velkých deformací, množství definovaných kontaktů i plastického chování materiálu. Právě plastickému chování materiálu se autor věnuje v teoretické části předkládané práce, která je dále vhodně rozšířena o poznatky z oblasti únavy materiálu.

V návaznosti autor vypracovává matematický aparát v podobě numerického 2D axisymetrického modelu a submodelu. Na modelu definuje množství kontaktů a simulačně zvládá numerickou simulaci utahovacího procesu přírubového spoje s řízeným prodloužením šroubů. Klíčová a jedinečná je v práci simulace s postupnou výměnou těsnění.

K úplné komplexnosti práce chybí snad pouze zahrnutí několika doplňujících jevů:

- 1) uvedení použitého modelu tření, s případnou studií samotného vlivu tření na únavovou životnost;
- 2) studie vlivu změny tlaku uvnitř reaktoru na únavovou životnost drážek, jelikož změna tlaku v průběhu provozu významně cyklicky odlehčuje resp. přitěžuje přírubový spoj;
- 3) studie vlivu nerovnoměrného rozložení teplotního pole v průběhu teplotně tranzientních režimů zařízení na cyklické zatížení příruby a drážek;
- 4) zahrnutí vlivu plastizace návarové vrstvy (ve které se drážky nacházejí) při provozních stavech zařízení v důsledku rozdílné hodnoty koeficientu teplotní roztažnosti návaru a základního materiálu tlakové nádoby reaktoru.

Studie těchto jevů jde ovšem již za rámec této diplomové práce a lze ji formulovat spíše jako výhledy pro následné činnosti při pokračování práce v dané oblasti.

Stanovisko k výsledkům práce:

Jak již bylo řečeno výše, práce přináší jedinečné výsledky v podobě podrobné studie rozvoje plasticity v oblasti drážek pro těsnění tlakové nádoby reaktoru VVER 440, které doposud nebyly studovány s efektem postupné výměny těsnění. Z výsledku jsou patrná výrazná plastická přetvoření oblasti okolo drážek a očekávaná vysoká hodnota koeficientu kumulace únavové životnosti. Zvláště proto se oblasti okolo drážek věnuje zvýšená pozornost. Z výsledků je dále patrná saturace v rozvoji plastických deformací po několika cyklech utažení přírubového spoje. Tento jev je demonstrován na diagramech znázorňujících závislost plastické deformace na počtu cyklů. V této souvislosti by účelné bylo také vyobrazení rozvoje a saturace hysterezních smyček v diagramu závislosti napětí na deformaci. Takový diagram bohužel v práci chybí. Toto znázornění výsledků by rovněž pomohlo čtenáři při identifikaci jednotlivých dekomponovaných cyklů a polo-cyklů, které jsou v závěru práce přehledně uvedeny v tabulkách.

Sumární hodnoty kumulace únavového poškození v hodnocených oblastech jsou dle normativních předpisů nevyhovující, proto bude účelné na závěry této práce navázat a pokračovat dále ve studii tohoto problému, stejně jako se drážkám detailně věnovat v programu provozních kontrol tlakové nádoby reaktoru.

Vyjádření k systematické, přehlednosti, formální úpravě práce:

Autor v předkládané práci postupoval velmi systematicky. Nejprve definoval teoretické základy práce, pak vypracovává výpočtový model a detailně v práci popisuje jednotlivé kroky a činnosti vedoucí k definovaným závěrům. Výsledky práce autor demonstruje přehlednou formou.

Celkově lze konstatovat, že díky ucelené struktuře vzniká přehledná a čtivá práce. Formální stránka je jen místy drobně narušována malými formálními prohřešky v podobě drobných překlepů a samostatně vyskytujících se

jednopísmenných předložek na konci řádku, které je při psaní v TeXu vhodné pohlídat (např. použitím skriptu „vlna“).

Vyjádření oponenta k hodnocení diplomové práce:

Diplomovou práci (i přes určitou, v posudku vyjádřenou skepsi) hodnotím velmi pozitivně a navrhuji hodnocení s klasifikací A, a to především pro výbornou obsahovou část práce.



Ing. Miroslav Švrček, Ph.D.

vedoucí pracovník vědy a výzkumu,
hodnocení pevnosti a životnosti,
ÚJV Řež, a. s.

V Praze dne 21. 08. 2019.