

Posudek doktorské disertační práce:

„Módy porušování konstrukčních materiálů tlakové nádoby reaktoru“.

Autor: Ing. Jan Štefan.

Předkládaná disertace se zabývá náročnou problematikou hodnocení mikrostruktury a procesů porušování dvou typů materiálů používaných u reaktorové nádoby. Jedná se o nesporně aktuální téma. Výzkum v dané oblasti je potřebný jak z hlediska základního výzkumu, kde je mj. potřebné nalézt vztah mezi mechanismy poškození a makroskopickými parametry, např. lomovou houževnatostí, tak zejména s ohledem na potřeby praxe, kdy ve sledované oblasti je nezbytné stanovit spolehlivě životnost konstrukcí jaderných reaktorů. V úvodu jsou pregnantně charakterizovány cíle disertační práce. Z ryze formálního hlediska asi není nutné na daném místě uvádět splnění cílů. Jde o náročné cíle, jejichž splnění by významně přispělo jak k rozvoji poznání o lomových procesech v reaktorových ocelích, tak k řešení problematiky hodnocení životnosti reaktorové nádoby. Pro dosažení stanovených cílů autor zvolil adekvátní metody, kdy mj. vycházel ze svých relativně dlouhodobých zkušeností získaných již v rámci diplomové práce a následného výzkumu

Jako první z vytčených cílů je prezentována rešeršní část. V jejím úvodu jsou specifikovány základní problémy materiálů použitých u tlakové nádoby reaktoru (TNR). Autor použil relevantní literaturu a je zřejmá jeho znalost dané problematiky. Autor uvádí základní procesy spojené s provozní degradací materiálů TNR. Zpracování je kvalifikované a vcelku přehledné. Za zajímavou část lze považovat příspěvek o ozařovacích experimentech, kde je diskutován rozdíl mezi provozním ozářením a zrychleným ozářením. Zajímalo by mě, zda existují práce, které kvantifikují daný rozdíl a do jaké míry je možné pokládat poznatky stanovené pro zrychlené experimenty za spolehlivé pro odhad reálného provozního zkřehnutí ?

V dalších částech jsou popsány základní metody mechanického zkoušení ozářených materiálů. Bylo by asi vhodné uvedení odkazu k rovnici (3), je možné, že je obsahem dříve citované práce 15, ale není to zřejmé. Pozornost věnovaná zkoušce lomové houževnatosti je adekvátní a rovněž svědčí o autorově znalosti dané problematiky. Velmi zajímavý je i popis jiných metod, ze kterých jsou zvažovány dvě zřejmě nejpoužívanější. Těchto metod zřejmě existuje více a jejich využití bude zřejmě závislé na možnosti stanovení vztahu mezi jejich výsledky a klasickými materiálovými charakteristikami (mez kluzu, pevnosti apod.).

O materiálech tlakových nádob dvou typů reaktorů (VVER 440 a VVER 1000) pojednává část 2.4. Jsou uvedeny dosavadní poznatky, které jsou zpracovány velmi přehlednou formou a jejich analýza svědčí o autorových značných poznacích dané problematiky a o jeho schopnosti kritické analýzy údajů z řady různých literárních zdrojů. Je možné konstatovat, že cíle rešeršní části doktorské disertace byly v plném rozsahu splněny a to na vysoké úrovni.

V druhé části práce jsou obsaženy výsledky experimentů lomového chování dvou typů materiálů reaktorů. Obecně lze konstatovat, že jde o rozsáhlé a náročné experimenty. Popis experimentů je obsahem kapitoly 3. Nejprve byla věnována pozornost lomu austenitického návaru TNR VVER 440. Jde o experimenty, které navazují na řadu předcházejících experimentů autora, které byly již částečně publikovány v relevantních časopisech. Významná pozornost byla pak věnována svarovému kovu TNR VVER 1000. Jde o soubor cenných údajů poskytujících podklady pro hodnocení radiačního zkřehnutí oceli Sv12Ch2N2MAA . V rámci daného studia byla věnována značná pozornost fraktografické analýze. Údaje dané kapitoly ukazují na značný rozsah experimentů a metody zpracování jejich výsledků dávají záruky získání adekvátních výsledků, což je dáno mj. i dlouhodobou činností autora v dané oblasti. Výsledky experimentů jsou obsahem kapitoly 4.

Na základě rozsáhlého souboru dat a jejich kvalifikovaného zpracování byly získány poznatky o austenitickém návaru u nádoby (TNR) VVER 440. Výsledky strukturní analýzy pak představují významné podklady pro stanovení vztahu mezi makroskopickou veličinou (lomová houževnatost) a dílčích mikromechanismů lomového porušování. Výsledky ukázaly na zdroje rozptylu hodnot lomové houževnatosti – viz závěry na str.98-99. Velmi rozsáhlé jsou též experimentální poznatky získané pro svarový kov nádoby VVER 1000. O jejich kvalitě lze konstatovat totéž jak v minulém případě. Neméně kvalifikovaně jsou prezentovány výsledky získané pro svarový kov nádoby reaktoru VVER 1000.

Je možné konstatovat, že v rámci disertace bylo získáno množství cenných údajů. Jejich vysoce kvalitní zpracování pak umožnilo identifikaci jednotlivých procesů lomového porušování a následně posoudit jejich vliv na makroskopické veličiny, v daném případě zejména vrubovou houževnatost.

Diskuzi výsledků je věnována kapitola 5 a to opět pro austenitický návar nádoby reaktoru VVER 440 a svarový kov VVER 1000. Je uvedena návaznost mezi dřívějšími autorovými výsledky a výsledky dané disertace. S autorovým tvrzením o významnosti

získaných výsledků je možné jen souhlasit. Za velmi významné lze pokládat zjištění, že nejlepší korelaci vrubové houževnatosti je dosahováno u čelného tvárného nárůstu trhliny.

Celkové hodnocení. Předložená disertační práce svědčí o tom, že pan Ing. Jan Štefan v plném rozsahu prokázal schopnost samostatného řešení náročných vědeckých úloh. Zvolená problematika je nesporně velmi náročná a velice významná pro praxi. Práce představuje velmi úspěšné završení dlouholeté práce autora v oboru porušování konstrukčních ocelí jaderných reaktorů. Závěry práce jsou podloženy rozsáhlým souborem údajů získaných pomocí mikrostrukturního a fraktografického rozboru. I když daný rozbor byl zaměřen na konkrétní oceli, je patrná užitečnost daného přístupu pro řešení lomové problematiky i pro jiné typy ocelí a jiné druhy namáhání. Výsledky práce byly a zřejmě i budou publikovány v renomovaných časopisech. Mimo to, že práce splnila plánované cíle, obsahuje i řadu námětů pro další výzkum. Doporučuji práci k obhajobě a po jejím úspěšném obhájení doporučuji udělení akademického titulu:

D o k t o r

V Lomnici nad Popelkou 29.2.2020.

prof. Ing. Jaroslav Buchar, DrSc.