

TEORETICKÁ A EXPERIMENTÁLNÍ ANALÝZA NAPĚTÍ TLAKOVÉ NÁDOBY REAKTORU VVER

Ing. J. Vísner, CSO

k.p. Škoda Plzeň

Analýza napětí a pevnostní posouzení patří k základním disciplínám, které ovlivňují každou konstrukci již ve stadiu jejího projektování. Solidní rozbor napjatosti je základem technicky i ekonomicky vyvážené konstrukce a zárukou bezpečného provozu po celou dobu její životnosti. Význam analýzy napětí je zvláště zdůrazněn při konstrukci jaderně energetických zařízení. Hlavní část zařízení - nádoba reaktoru - je velmi složitá s velkým počtem uzlů, zatěžovaná nejen ustálenými, ale především dynamickými jevy. Provoz reaktoru je v podstatě nepřetržitou řadou drobných a výrazných napětových a teplotních cyklů vyvolávajících střídavé namáhání a růst podmínek pro únavové a křehké porušení materiálu. Nádoba reaktoru i řada vnitřních částí pracuje navíc v podmínkách radiace. Vzhledem k tomu, že má být nádoba provozně spolehlivá a především bezpečná i na konci předpokládané životnosti 40 let, jsou vysoké nároky kladeny na objektivní analýzu všech provozních režimů a správné ocenění jejich podílu především v procesu nízkocyklické únavy. Je to důležité proto, že se z těchto podkladů vychází při volbě konstrukčních materiálů a případné přecenění, nebo nedocenění některých aspektů může vést k prodražení konstrukce nebo k poruchám při provozu.

O závažnosti a složitosti otázky objektivního zhodnocení provozních napětí svědčí i to, že se jí na celém světě zabývá řada vysoce kvalifikovaných pracovišť a že se dosud nedospělo k jednoznačnému postupu. Je to patrné z norem pro navrhování a výpočty konstrukcí jaderných zařízení, které nejsou jednotné. V naší praxi je používána sovětská norma a jsou uplatňovány sovětské zkušenosti z jejího používání.

V k.p. Škoda, který vyrábí tlakové nádoby jaderného reaktoru VVER 440 na základě převzatého projektu je napjatost tlakové nádoby, zjišťována teoretickým výpočtem, dále tenzometrickým měřením při tlakových zkouškách tlakové nádoby a víka a fotoelasticimetrickým měřením na modelech.

Teoretický výpočet je proveden metodami stavební mechaniky pomocí programu RSD 79 tak, aby byly splněny požadavky norem výpočtu na pevnost elementů reaktoru. Pro řešení je použita metoda počátečních parametrů, kde je konstrukce rozdělena na elementy. Výpočet udává velikost napětí na obrysových bodech elementů bez uvažování tvarových změn konstrukce. Napětí jsou řešena pro normální podmínky provozu, při narušení normálních podmínek a při havarijních režimech.

Tenzometrické měření se provádí při tlakových zkouškách jednotlivých výrobních kompletů. Podle požadavku technických podmínek jsou na tělese tlakové nádoby a na víku instalovány tenzometrické snímače v počtu cca 50 + 100 ks. Měřená místa se soustřeďují především do oblastí přechodu víka do pevné příruby, na oblast nátrubků víka na svar mezi pevnou přírubou nádoby a horním prstencem a na dno nádoby. Zvlášť pozornost je věnována oblasti hrdel.

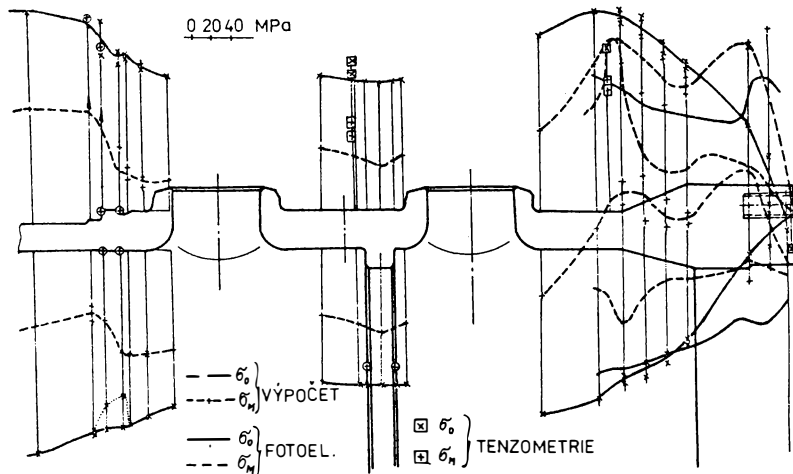
Fotoelasticimetrická měření na zkráceném modelu se uskutečnilo na základě požadavku zjištění vlivu výrobních nepřesností víka tlakové nádoby prvního kompletu na napjatost. Z experimentu byly získány průběhy napětí především v obou pevných přírubách, v přechodových oblastech a na vrohlíku víka s vyvrtanou mříží otvorů. Rovněž byly zjištěny průběhy napětí na volné přírubě.

Ze všech provedených prací poskytuje nejvíce údajů o napjatosti reaktoru VVER 440 teoretický výpočet. Ten je v několika bodech při jediném zatěžovacím režimu doplněn tenzometrickými údaji a v některých oblastech fotoelasticimetrickým měřením.

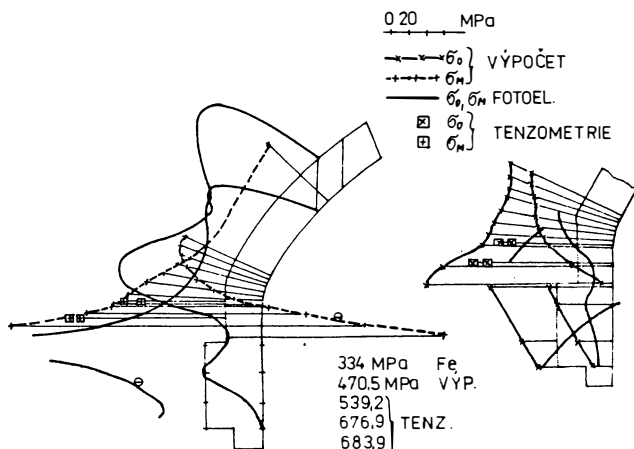
Porovnání výsledků řešení je možné provést jen pro jeden společný zatěžovací režim - tlakovou zkoušku. Některé výsledky jsou uvedeny na obr. 1 + 2. Na první pohled je patrné, že mezi teoretickými a experimentálními údaji jsou v mnoha případech rozdíly. Některé z nich lze zdůvodnit, u většiny však rozpor existuje, a proto se provádí hlubší analýza k získání uceleného a jednoznačného přehledu o napjatosti tlakové nádoby reaktoru.

V daném okamžiku se může zdát, že provedené práce popisují napjatost dostatečně a další prohlubování poznatků není nutná. Zkušenosti z výroby a především z provozu reak-

tord VVER 440 v Sovětském svazu i v jiných zemích však ukazují, že každá konkrétní tlaková nádoba má svoje specifika, která je nutno z hlediska napjatosti prověřit při tlakové zkoušce při spouštění a nejlépe za provozu. Taková měření požaduje také zpravidla zákazník - provozovatel reaktoru - jako součást průkazní dokumentace o bezpečnosti předávaného reaktoru.



Obr. 1



Obr. 2