

V Ý R O B A   M O D E L U   T L A K O V Ě   N Á D O B Y  
J A D Ě R N Ě H O   R E A K T O R U   V V E R   4 4 0  
E P O X I D O V Ě   P R Y S K Y Ť I C E

Ing. M. Burian, Ing. Z. Regner, Ing. J. Vísner, CSc

Nezbytnou součástí analýzy napětí tlakových nádob jaderných reaktorů VVER je fotoelasticimetrický experiment, který poskytuje měřením na kontrolních zmrazených modelech potřebné hodnoty zvýšeného napětí v místech tvarových změn a jeho průběhy v libovolném místě konstrukce. Úloha se obvykle řeší na zmenšeném modelu v měřítku 1:10 + 15, který je až na nepodstatné detaily věrnou kopií skutečné tlakové nádoby. Značné rozměry modelu - průměr cca 500 mm, výška cca. 800 mm, i poměrně komplikovaný tvar, vyžadují aby technologií jeho výroby byla věnována zvláštní pozornost.

Výběr materiálu: Materiál pro výrobu modelů tlakových nádob musí kromě všeobecných požadavků splňovat navíc důležitou podmínku, aby všechny díly modelu měly shodné mechanicko-optické vlastnosti. Proto je třeba použít výchozí suroviny jedné výrobní serie a dodržet shodnou technologii vytvrzování všech dílů modelu ve všech detailech/1/. Na základě zkušeností s různými typy epoxidových pryskyřic a vzhledem k ještě nedokončenému vývoji materiálu na bázi pryskyřice ChS Epoxy 15 se pro výrobu modelu tlakové nádoby VVER 440 použila pryskyřice ChS Epoxy 110 s obsahem epoxidových skupin 0,515. Vytvrzovací systém ftalanhydrid, maleinanhydrid ve váhovém poměru 1:1. Mísicí poměr epoxi-skupin a anhydridových skupin E:A = 0,65. (Pro obsah epoxi skupin je poměr 100:19,7:19,7). Vytvrzování pryskyřice proběhlo tímto teplotním režimem: odlití a tvorba gelu při 60°C (cca 80+100 hod) pak zvýšení na 80°C, výdrž 24 hod a vyjmutí z formy, dále plymulý vzestup na 140°C rychlostí 2,5°C/hod, výdrž 12 hod a ochlazení rychlostí 1,5°C/hod. Poté byly odlity, hrubovány a nakonec žíhány při teplotě 140°C k odstranění vnitřních pnutí.

Jednotlivé komponenty modelu byly odlévány do forem z pozinkovaného plechu separovaných silikonovým kaučukem

"Lukopren N-1000". Tento separátor nevyžaduje oproti dosud použitelným silikonovým lakům vypalování a dosažený separační účinek je daleko vyšší. Do těchto forem byly odlévány bloky o hmotnosti od 8,3 do 32 kg. Po vytvrzení byla od každého odlitku odebrána zkušební tyčinka a změřeno  $E_Z$ ,  $T_Z$  a optická konstanta při zmrazování  $K_Z$ . Naměřené údaje jsou uvedeny na tab. 1.

|                    | Teplota zmrazování    | Modul pružnosti   | Optická konstanta      |
|--------------------|-----------------------|-------------------|------------------------|
|                    | $T_Z/^\circ\text{C}/$ | $E_Z/\text{MPa}/$ | $K_Z/\text{kNm}^{-1}/$ |
| 1. Víko            | 128                   | 20,3              | 0,366                  |
| 2. Těleso          | 128                   | 22,5              | 0,368                  |
| 3. Dno             | 129                   | 21,9              | 0,363                  |
| 4. Volná příruba   | 126                   | 20,5              | 0,369                  |
| 5. Hladká část     | 125                   | 21,6              | 0,368                  |
| 6. Velké nátrubky  | 134                   | 23,5              | 0,394                  |
| 7. Malé nátrubky   | 133                   | 24,3              | 0,386                  |
| 8. Šrouby a matice | 133                   | 21,5              | 0,369                  |

Tab. 1

Rozptyl hodnot v tab. 1 není vyšší než je šíře "přechodového pásma" termomechanické křivky pro tento epoxidový systém /2/. Poněkud vyšší hodnoty  $T_Z$  a  $E_Z$  u odlitků 6,7 a 8, které souvisí se zvýšenou síťovou hustotou lze přičíst vyššímu "exotermu" reakce vlivem velké tloušťky stěny. Získané odlitky plně vyhovují všem požadavkům. Jsou transparentní, bez šlír a bublin a také okrajový jev je vyhovující.

Výroba modelu: Pro výrobu modelu tlakové nádoby reaktoru VVER 440 bylo zvoleno převážně mechanické opracování-soustružení, frézování a vrtání. Přesný tvar sférické části víka byl soustružen kopírováním podle šablon pro vnitřní a vnější povrch. Mříž otvorů ve víku byla vyvrtávána nožem na souřadnicové vrtačce pro zajištění předepsaných tolerancí pro rozteče i průměry. K vrtání otvorů ve volné přírubě byla použita frézka s dělicím přístrojem. Otvory byly vrtány přímo speciál

ně nabroušeným vrtákem. Těleso modelu tlakové nádoby bylo opracováno soustružením. Otvory pro šrouby byly vrtány na féze a závity M 12 x 1 se řezaly ručně s použitím speciálního přípravku. Otvory pro vlepení hrdel byly vrtány na horizontce. Hrdla, která byla vyrobena soustružením byla do těchto otvorů zalepena. Konečný tvar vnitřního přechodu hrdel byl vypracován ručně. Eliptické dno bylo vyrobeno soustružením - kopírováním podél šablony stejně jako víko. Všechny ostatní části, t.j. šrouby, matice, podložky a operné kroužky byly soustruženy.

Po slepování jednotlivých dílů modelu bylo vyvinuto speciální epoxidové lepidlo, jehož teplota měknutí odpovídá zmrazovací teplotě modelového materiálu. Složení tvrdidla je 3 díly D 500 a 1 díl DDŽ a epoxidová pryskyřice se vytvrzuje v poměru 100 v.d. Epoxy 110 a 34,5 v.d. tvrdidla.

#### Literatura

- /1/ Euriar, Vísner: Výzkumná zpráva Škoda, k.p. Plzeň, ZFS č. Ae 4897/Dok
- /2/ Buriar, Vísner: Vlastnosti epox. pryskyřic ChS Epoxy 110 E-15 (VÚ SPL 20. konference EAN Karlovy Vary 1982)