

EXPERIMENTÁLNÍ ZAŘÍZENÍ PRO ZKOUŠKY ŽIVOTNOSTI VELKÝCH ŠROUBŮ

Ing. J. Šneberger, Ing. A. Urban
Škoda k.p.-ZES, Plzeň

Utěsnění přírubového spoje reaktorové nádoby VVER 440 je zajišťováno dotažením 60 šroubů M 140x6 mm. Vlastní šroub je pro provoz předepjat silou $3,83 \pm 0,29$ MN (383 ± 29 t). Toto předpětí je vyvozováno hydraulickým utahovacím zařízením, které šroub při utahování a povolování spoje několikrát jednorázově přetíží až na sílu 5 MN (500 t). Uvážíme-li, že plánovaný počet utažení a povolení je 150, představuje přetížení při těchto operacích velký počet cyklů. Dalším zdrojem přidavných namáhání je pak vlastní provoz reaktoru - tj. vliv teploty, snižování a zvyšování tlaku při změnách výkonu, odstavování apod. Za celou dobu životnosti reaktoru jde o tisíce cyklů. Životnost použitého šroubu M 140x6 se proto stala středem zájmu a cílem několika experimentálních prací, z nichž nejdůležitější jsou zkoušky životnosti šroubů ve skutečné velikosti na malou cyklickou únavu.

Pro tyto zkoušky bylo vyrobeno jednocelové zatěžovací zařízení, dovolující míjivé namáhání šroubu tahovou silou v rozsahu do 10 MN (1000 t). Vlastní silovou jednotkou v tomto zařízení je mezikruhová membrána o $\varnothing$ 760/ $\varnothing$ 320 mm, která při tlaku cca 39 MPa vyvozuje sílu 10 MN. Seriovým zařazením tří membrán se získá potřebný celkový zdvih cca 10 mm. Membrány odtlačují dvě krajní desky, v nichž v jedné je zapuštěna zkušební matice imitující přírubu tlakové nádoby a druhá přenáší sílu přes kulové podložky a matice do šroubu. Zkoušky je možné provádět za normální nebo zvýšené teploty šroubu až do 350°C . Šroub je ohříván dvěma tyčovými topidly umístěnými v centrálním vývrtnu $\varnothing$ 35 mm zkoušeného šroubu a opěrné desky jsou vyhřívány po obvodu elektrickými pásy. Membrány jsou na stykových plochách s opěrnými deskami odizolovány a současně chlazeny pomocí

chladičím leku. Regulace teplot při zkouškách s ohřevem se provádí běžnými padáčkovými regulátory ZPA.

Tlakovací zařízení sestává z 3-plunžrového čerpadla SIGMA 1-HR-14 o příkonu 5,5 kW, tlakového rozvaděče Hydraulika Vrchlabí, typ RPS 24206-80/06 (24 V/1,9 A) a zvlášť vyvinuté řídicí a ovládací jednotky. Je možný ruční nebo automatický provoz se zadanou asymetrií cyklu a zadanou teplotou šroubu. Zadání lze měnit při přerušení zkoušky.

Řídicí veličinou je síla ve šroubu, měřená tenzometrickým polomostem s vyloučením ohybu uprostřed dříku šroubu pomocí tenzometrické soupravy Hottinger - MIG/S, MIG/AE, MIG/U 22 a MIG/O. Součástí řídicí a ovládací jednotky je dále napěťový komparátor, na jehož jeden vstup se přivádí výstupní signál z tenzometrické soupravy a na druhém vstupu je udržováno nulové napětí. Relé LUN tohoto komparátoru ovládá již přímo elektromagnetický rozvaděč tlaku oleje. Před spuštěním čerpadla obsluha nejdříve seřídí zisk tenzometrického můstku (vnitřní kalibrace) a potom můstek rozváží na deformaci (uj), která odpovídá zvolené hladině síly podle programu zkoušek. Při narůstání síly se tedy můstek postupně blíží vyváženému stavu a výstupní signál nule. Při maximální síle překlopí komparátor relé LUN, jehož silový obvod 24 V přesune šoupátko rozvaděče do polohy "vypouští". V okamžiku dosažení minimální síly je pro přestavění šoupátka z polohy "vypouští" do polohy "tlakuje" využito dolního kontaktu bezpečnostního kontaktního manometru, který je instalován na čerpadle. - Kromě uvedeného řízení je možné ovládat tlakovací cyklus ručně tlačítky a navíc jsou k dispozici havarijní signály od kontaktního manometru.

Kromě hlavních měřených veličin, jimiž jsou

- počet cyklů do počátku tvorby trhlinek
- počet cyklů do přetržení šroubu
- prodloužení šroubu v závislosti na počtu cyklů a zatěžovací síle (měří se periodicky snímačem posuvu Hottinger W 10 TK ve vývrtu šroubu)

- rozložení ohybových momentů ve šroubu při zkoušce s předepsaným ohybovým momentem (měří se periodicky pomocí tenzometrů ve 3 řezech na dřívku - vyhodnocuje se velikost ohybových napětí a poloha vektoru ohybového momentu), provádí se při periodických přerušeních zkoušky posouzení demontovatelnosti šroubového spoje, podrobný defektoskopický výzkum v celém tělese šroubu ultrazvukem z vnitřního vývrtu šroubu a v oblasti závitů pomocí speciálních miniaturních sond na bázi vířivých proudů, fraktografie lomových ploch a měření změn geometrických rozměrů šroubů a matic.

Při komplexním vyzkoušení zatěžovacího zařízení bylo ověřeno, že do šroubu se nevnaší ohybové napětí větší jak 10% středního napětí a že zařízení může dlouhodobě pracovat na projektovaných parametrech. A dnešnímu dni byly cyklickým namáháním 0 až 0,8 meze kluzu vyzkoušeny až do přetržení čtyři šrouby, z toho jeden při pracovní teplotě 300°C. Další zkoušky se připravují.