

**Věc : Posudek kvality, životnosti a provozní spolehlivost svarů hlavního cirkulačního
potrubí DN 850 JE Temelín**

Záměr pro provedení dále uvedených prací, kontrol a zkoušek a hodnocení jejich výsledků byl vyvolán skutečností, že z důvodů dosažení souladu s projektem bylo nezbytné na studené větvi smyčky č. 1 předmontované potrubí dodatečně rozříznout a znovu svařit. Aby nevznikly pochybnosti o kvalitě tohoto dodatečného svaru z hlediska jeho pevnosti a potřebné dlouhodobé životnosti, bylo nutné dokumentaci tohoto svaru doplnit o výsledky některých nadstandardních kontrol, zkoušek a výpočtů.

Za tím účelem byla svolána na úřad SÚJB dne 10.5.2001 porada expertů, na které byl dohodnut postup dodatečných zkoušek a kontrol tak, aby nadevší pochybnost byly ověřeny potřebné vlastnosti tohoto svarového spoje.

Kromě zmíněného svarového spoje byly navíc provedeny zkoušky na dvou již dříve provedených a kontrolovaných svarových spojích na větvi 4 (svar 1 - 4 - 11) a větvi 3 (svar 1 - 3 - 8). Kromě jiného byl tento záměr opodstatněn i možností vzájemného srovnání vlastností těchto svarů.

Protože všechny zkoušky musely být provedeny neinvazivně a nedestruktivně, bylo navrženo provést jednak experimentální práce podle současného stavu vědy a techniky, jednak zajistit výpočtový rozbor lomových vlastností svarového spoje v podmínkách jeho extrémního namáhání.

Všechny výsledky těchto prací, kontrol a zkoušek jsou obsaženy v příslušných příložených zprávách jednotlivých nezávislých ústavů a organizací těmito pracemi pověřených a tvoří nedílnou součást tohoto závěrečného posudku, ve kterém jsou obsaženy pouze základní výsledky a celkový závěr o provozuschopnosti a životnosti těchto svarových spojů.

1) Výsledky měření tvrdosti Vickersem i metodou ABIT přes svary a porovnání výsledků s mechanickými vlastnostmi základního materiálu ukazují, že mez kluzu a částečně i mez pevnosti jsou poněkud zvýšeny, a odpovídají hodnotám základního materiálu potrubí. Zejména je to patrné u meze kluzu, kde z hodnot předpokládaných technickými podmínkami (min. 343 MPa) dochází k hodnotám až přes 450 MPa a u pevnosti (540 - 686 MPa) výjimečně až k hodnotám 700 MPa. Poměr meze kluzu k mezi pevnosti je dostatečně vysoký, takže i v tomto případě jsou statické plastické vlastnosti dobré. Rovnoměrnost tvrdosti, zjištěná přes dodatečně provedený svar, je velmi vyhovující, což ukazuje na to, že struktura spoje je vyrovnaná a nejsou obavy z křehkých přechodových pásem, což odpovídá předepsanému předehřevu, pomalému dohřevu a konečnému žíhání spoje.

Z toho vyplývá, že je možno počítat s horní hranicí kritického faktoru intenzity napětí, t.j. s dostatečně vysokou hodnotou lomové houževnatosti - minimálně přes 150 MPa m^{1/2}.

2) U nosné části svarů a přilehlých oblastí byla provedena ultrazvuková kontrola vad podle předepsané metodiky, přičemž u dodatečně provedeného svaru ani ostatních kontrolovaných svarů nebyly zjištěny žádné signály, jež by spadaly do kategorie pro hodnocení, případně pro opravy. Byla rovněž ověřena indikace v okolí svaru 1 - 3 - 8 a nebylo zjištěno žádné rozšíření oproti původnímu zjištění za dobu periody počátečního provozu. Všechny ostatní indikace, pokud byly vůbec zjištěny, jsou hluboce podkritické.

Při svařování dodatečného svaru byla provedena také austenitická výstelka vnitřního povrchu svaru s ohledem na odolnost proti korozi. Je zřejmé, že v tomto místě bylo třeba také provést kontrolu na návarové a podnávarové trhliny, což bylo realizováno ultrazvukem podle dříve zjištěných parametrů na etalonu. Ani výsledky těchto zkoušek nedaly žádné varující signály.

- 3) Teoretické výpočty podle lomové mechaniky byly provedeny pro dodatečný svarový spoj s velkou rezervou, která byla zdůvodněna faktorem velikosti (tloušťka potrubí větší než 2") a přídatnými napětími vyvolanými teplotním gradientem ve stěně. Nejhorší předpokládaný případ totálně rozšířené trhliny ukázal, že by kritická hloubka takové trhliny pro havárii potrubí při lomové houževnatosti 50 MPa m^{1/2} byla přes 30 mm za předpokladu, že by byla rozvinuta po celém obvodu. U trhlín polokruhových nebo poloeliptických by ani jejich hloubka do dvou třetin hloubky stěny nevyvolala havárii potrubí při lomové houževnatosti ještě značně nižší než 50 MPa m^{1/2}.
- 4) Pokud se týká únavového poškození svarových spojů, pak iniciační hloubka trhliny pro možnost jejího šíření byla výpočtově zjištěna 1,3 mm, pokud by ovšem trhlina byla rozvinuta po celém obvodu potrubí. Její rozvoj by však byl tak pomalý, že do kritické velikosti 30 mm by bylo zapotřebí nejméně 10⁶ cyklů extrémního namáhání. Provedeme-li však součet počtů těsnostních a tlakových zkoušek, je tento celkový kritický počet cyklů o tři řády vyšší. Pro životnost elektrárny 30 let je tato rezerva ještě o jeden řád vyšší, ale je třeba počítat s tím, že provoz elektrárny bude postupně prodlužován až na 50 let. Tento závěr ukazuje, že sledované svarové spoje, včetně svaru dodatečně provedeného, jsou z hlediska únavového poškození naprosto spolehlivé v rozsahu celé předpokládané životnosti elektrárny.
- 5) Byla provedena analýza signálů akustických emisí snímaných během tlakování primárního potrubí, což bylo možné s ohledem na skutečnost, že v této části elektrárny nebyly rušivé signály vyvolané hlukem pozadí. Žádné signály nebo indikace, které by bylo nutno sledovat, nebyly zjištěny. Přesto však doporučuji i nadále touto metodou potrubí periodicky kontrolovat a sledovat.
- 6) Dále byla mezi svary 1 - 1 - 6 a 1 - 1 - 6a provedena instalace tenzometrů a to zejména proto, aby se zjistil stav napjatosti okolí dodatečného svaru 1 - 1 - 6a, skutečný časový průběh těchto napětí a tlak, který by eventuálně vedl k odchýlkám od linearit. Lze však předpokládat, že zbytková pnutí jsou nízká, neboť potrubí již prodělalo několik cyklů těsnostních a tlakových zkoušek i přerušovaný provoz, takže pnutí byla již nepochybně vyrovnána. Měření při nejbližším najetí na parametry tento fakt ještě ověří.

Závěrem konstatuji, že výše uvedené výpočtové práce a výsledky ze zkoušek a kontrol dodatečného svaru 1 - 1 - 6a potvrzují, že sledovaný svar má stejnou úroveň odolnosti proti provoznímu poškození a stejnou kvalitu jako ostatní svary provedené na tomto potrubí. Dále se ukázalo, že i další dva vybrané svary na tomto potrubí jsou dobré a srovnatelné kvality. Pro potřeby SÚJB považují toto vyjádření a připojené výsledky kontrol a zkoušek za postačující k odsouhlasení provozu primárního potrubí DN 850 bez dalších pochybností.

Prof. ing. Dr. techn. Jaroslav Němec DrSc., Dr. Ing.