

S O U Č I N I T E L I N T E N Z I T Y N A P Ě T Í
V T A Ž E N Ě D E S K E S P O V R C H O V O U
T R H L I N O U

Ing. Josef Vísner, CSc
ŠKODA k.p. Plzeň-ZES

Při výzkumu ocelí tlakových nádob jaderných reaktorů VVER 440 a VVER 1000 jsou prováděny trhací zkoušky na velkých zkušebních tělesech s povrchovou trhlinou. Experiment je prováděn na trhacím stroji ZZ 80 MN a slouží mimo jiné ke zjišťování vlivu velikosti tělesa a trhliny na kritickou hodnotu součinitele intenzity napětí K_{IC} .

K zobecnění údajů získaných z těchto nákladných experimentů je nutné znát velikosti součinitele intenzity napětí K_I uvedených vzorků pro odpovídající hloubky trhlin a zadaná zatížení. Protože se jedná o prostorovou úlohu je přesné teoretické řešení velmi složité a existující teorie se zabývají pouze případem nekonečné desky s povrchovou trhlinou eliptického i kruhového tvaru. Nejznámější jsou práce Rice-Levyho, Smith-Sorensena a Raju-Newmana /1/. Značný vzájemný rozptyl mezi údaji jednotlivých teorií až 100% podle obr. 1 nedovoluje přesnou interpretaci na konkrétní úlohu, a proto bylo třeba hledat jiné, převážně experimentální možnosti řešení. Jako nejúčinnější pro daný případ byla zvolena prostorová zmrazovací fotoelasticimetrie. V rámci dohody o spolupráci mezi k.p. Škoda-ZES Plzeň a ÚSTARCHem SAV Bratislava byla v ÚSTARCHu řešena úloha metodou holografické interferometrie a teoretickou metodou hraničních integrálních rovnic.

Teoretické základy metody fotoelasticimetrického vyšetřování součinitele intenzity napětí jsou podrobně popsány v literatuře /2/. Z mnoha možností bylo pro řešení použito ověřených grafických metod podle Smitha a Ruize a metody smykových napětí.

Úloha byla řešena na čtyřech modelech s proměnnou hloubkou trhliny podle obr. 2. Modely byly vyrobeny z desky tloušťky 15 mm frézováním a povrchová trhlina byla vyřezána diamant-

tovým kotoučem o $\varnothing$ 74 mm a tloušťce 0,7 mm.

Při zmrazování byly všechny modely zatíženy stejnou silou $P = 61,92$ N, která vyvolala v příčném neoslabeném průřezu nominální napětí $\sigma_{\text{nom}} = 68,91$ kPa. Zmrazené modely byly rozřezány a proměřovány na polarizačním mikroskopu. Výsledek měření řádu izochromat ukazuje jak s hloubkou trhliny roste maximální napětí směrem ke špičce a jak se mění charakter jeho průběhu od povrchu vzorku směrem do hloubky. Průběh izoklin zvláště u špičky je nerovnoměrný, což je způsobeno především nižší přesností měření tohoto parametru, značným gradientem napětí u špičky a místními nehomogenitami, které mají na směr izokliny největší vliv.

Výpočet K_I byl proveden pro všechny měřené výřezy v obou směrech osy $\pm y$ grafickými metodami a metodou smykových napětí. Zde byl výsledek určen jako průměrná hodnota z údajů max. vzájemně odlišných o $\pm 10\%$. Výsledky jsou uvedeny na tab. 1. Aby bylo možné porovnání s údaji jiných autorů je na tab. 1 uvedena ještě bezrozměrná veličina $\tilde{K}_I$ počítaná podle literatury /5/ z rovnice

$$\tilde{K}_I = \frac{K_I E(k)}{\sigma \sqrt{\pi} a} \quad \dots\dots\dots /1/$$

$$E(k) = \left[1 + \frac{1}{2} \left(\frac{a}{c} \right)^2 \right]^{1/2} \quad \dots\dots\dots /2/$$

Výsledky výpočtu K_I grafickou metodou a metodou smykových napětí se navzájem neliší o více jak 10%, kromě měření u trhliny hloubky 5 mm, kde je v jednom případě rozdíl až 20%. Porovnájí-li se maximální experimentální hodnoty K_I z tab.1 s teoretickými údaji na obr. 1, leží všechny experimentální veličiny pro uvažované případy ve spektru teoretických údajů. Největší shoda je s teorií Raju-Newman. Porovnání s výsledky měření provedeného holografickou interferometrií a výsledky teoretického výpočtu provedeného v ÚSTARCHu /3/ ukazuje dobrou shodu v nejhlubším místě trhliny a u povrchu modelu, zatímco v oblasti $\varphi = (15 + 45)^\circ$ dává fotoelasticimetrie vyšší hodnoty.

Literatura

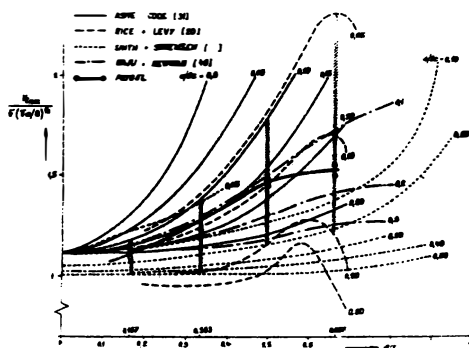
/1/ Raju, Newman: Engng. Fact.Mech.Vol. 11 1979 (817-829)

/2/ J. Vísner: Výzkumná zpráva Ae 5110/Dok Škoda Plzeň 1983

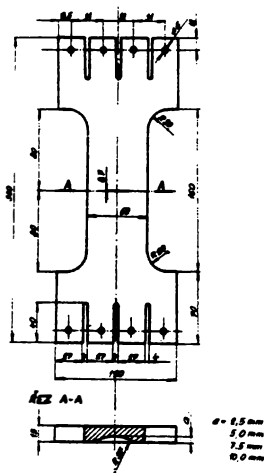
/3/ Numerické a experimentálne vyšetřovanie vplivu makro-koncentrátorov napätí ... záv. zpráva ÚSTARCH Bratislava 1983

Trhlina	výřez	K_I [kNm ^{-3/2}]		$\tilde{K}_I$	
		graficky	smyk	graficky	smyk
2,5	1	2,38	2,23	0,41	0,38
	2	6,19	5,75	1,06	0,98
	3	6,65	6,30	1,14	1,08
5,0	1	3,38	3,27	0,42	0,41
	2	8,35	6,62	1,05	0,83
	3	10,07	8,43	1,26	1,06
	4	11,10	9,79	1,39	1,23
7,5	1	6,28	6,98	0,66	0,74
	2	13,61	12,61	1,44	1,33
	3	14,06	13,17	1,48	1,45
	4	12,75	12,14	1,35	1,28
10	1	9,88	10,77	0,89	0,97
	2	15,93	14,83	1,50	1,40
	3	14,66	14,43	1,38	1,55
	4	14,79	14,78	1,39	1,39
	5	14,53	14,61	1,37	1,38

Tab. 1.: Přehled výsledků měření



Obr. 1.



Obr. 2