

SOUČINITELÉ KONCENTRACÍ NAPĚTÍ V OSTRÝCH VRUBECH

Jaroslav Poláček

SIGMA - Výzkumný ústav čerpacích zařízení, potrubí
a armatur

Autor uvádí zjišťování součinitelů koncentrací napětí v ost-
rých vrubech pomocí fotoelasticimetrie. Ježná se o řešení napja-
tosti desky zatížené rovnoměrným tahem kolným na měcířkovitý zá-
řez umístěný uprostřed desky. Dále je popsán přístř rovinné nap-
jatosti u desky s dvěma různě orientovanými elipsoidními otvory
vřči zatížení rovnoměrným tlakem ři tahem. Na závřř je promřř-
vřř tvarovřř řinitel koncentrace napětí na řele vrubu při jeho
vzřřstajřřící hloubře u nosnřřkřř zatřřžených rovnoměrnřřm chybem.

Výhody fotoelasticimetrie se i přes rozvoj výpočetních strojů a metody konečných prvků neustále prosazují. Zejména v oblasti lomové mechaniky, ať se jedná o úlohy fotoelasticimetrie rovinné či prostorové, je experimentální řešení podnětem ke kontrole či k upřesnění teoretických předpokladů [1], [2], [3], [4]. I při hledění koncentrací u vrubů je fotoelasticimetrické řešení rychlé a ekonomicky výhodné.

Stanovení přípustnosti některých typů vad bylo požadováno materiálovou zkušebnou n.p. Modřanské strojírny. Pro primární potrubí VVER 440 se provádí zkouška životnosti kolena Js 500, které je zatěžováno míjivým přetlakem. Na kolenu byla vytvořena umělá vada - měsíčkovitý zářes. Pro jeho posouzení z hlediska životnosti se hledalo rozložení napjatosti v místě imitované vady resp. součinitel koncentrace napětí na čele vrubu [5].

Uvedený problém byl zjednodušen na hledění koncentrací napětí v rovinné desce zatížené rovnoměrným tahem kolmým k ploše vady. Geometrie a schema zatížení modelu je na obr. 1. Rovnoměrný tah byl aplikován pomocí diferenciálního závěsu. Zmrazovací technikou z výřezů byly naměřené hodnoty optického dvojlomu přepočteny na jednotkovou tloušťku a dány do poměru k porovnávacímu jednotkovému nominálnímu dvojlomu.

Součinitelé koncentrací napětí v bodech A a E jsou:

$$\begin{aligned} \alpha_A &= 7,0 & \alpha_B &= 7,0 & \alpha_C &= 5,0 \\ \alpha_D &= 4,0 & \alpha_E &= 0,05. \end{aligned}$$

Další úlohou bylo zjistit vliv vzájemné interakce defektů svaru na stav napjatosti v potrubí [6]. Po redukci zadání z n.p. MŠ jsme přistoupili k řešení rovinné úlohy - deska zatížená rovnoměrným tahem s různou alternativou rozmístění dvou elipsovitých otvorů, které mají v hrubém přiblížení imitovat vady ve svarovém spoji [7].

Řada podobných úloh je řešena v literatuře [8], ke které nutno přistupovat opatrně pro četné tiskové chyby.

Zatěžovací zařízení tvoří tuhá ráma, která je ovládnuta hydraulicky ovládanými prvky. Umožňuje vyvolat libovolně danou rovnoměrného tlakového vertikálního a horizontálního natížení / viz obr. 2 /. Pro tahové zatížení se v důsledku měření provádějí

měna znamének. Model tvořila deska rozměrů 250 x 250, 8 mm. Na obr. 3 jsou uvedeny řešené různé konfigurace elipsoidních otvorů v silovém poli. Platí zde zákon superposice a měření v jednocosé napjatosti lze tedy doplnit na libovolný poměr vertikálního a horizontálního zatížení tj. na napjatost rovinnou. Nominální napětí v desce bylo rovno jedné. Na obr. 4 je průběh napětí po obvodě elipsy o poměru poloos $a : b = 3 : 1$. Na obr. 5 je průběh izochromat jedné z alternativ. Výsledky měření koncentrace napětí v bodech, kde jsou extrémny, jsou uspořádány v tabulce na obr. 6.

Pro zkoušky nízkocyklové únavy plochých vzorků naší zkušebny byly proměřovány nosníky zatížené rovnoměrným ohybem s narůstající hloubkou vrubu [5] / pás s vrubem různé hloubky a šířky zatížený tahem je uveden v [9] /. Na obr. 7 je geometrie modelu a detail žela vrubu. Pro měření jsme používali souřadnicového polariskopu vlastní konstrukce s možností zvětšení 10x ; 25x / obr. 8/.

Naměřené hodnoty v místech A, A', B byly dány do poměru s napjatostí v krajním vlákně nosníku bez vrubu a vyneseny do grafů na obr. 9, 10. Z průběhů je patrné, že dosáhne-li hloubka vrubu poloviny výšky nosníku, nastává strmější vzrůst koncentrace napětí. Současně byla sledována změna polohy neutrální osy.

Tzvářem k této úloze nutno podotknout, že při pevnostní výpočtové praxi se hodnotí konstrukce v nebezpečném průřezu tj. mezi body A'. Vztáhneme-li naměřené hodnoty k napětí krajního vlákna od rovnoměrného ohybu v zúženém průřezu /za předpokladu elementárního trojúhelníkového rozložení napětí s neutrální osou uprostřed /, kolísá součinitel koncentrace napětí α_A v rozmezí 2,5 až 3,5 a $\alpha_B \approx 1$.

Z uvedených výsledků měření lze čerpat i pro řadu jiných úloh podobných, které se mohou v praxi vyskytnout.

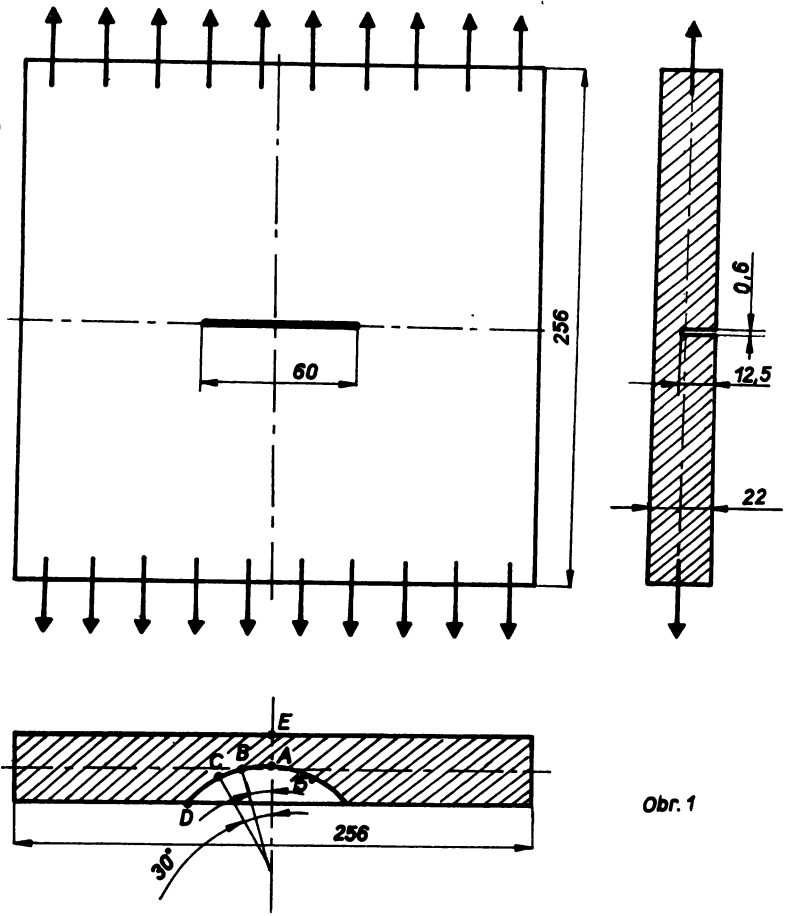
LITERATURA

- [1] Smith, C.W.: Use of Three-Dimensional Photoelasticity in Fracture Mechanics. Exp. Mech. 12, s.539-544, 1973.
- [2] Schreell, M.H., Mc Gowan, J.J.; Smith, C.W.: Determination of Stress Intensity Factor from Photoelastic Data with Application to Surface-Flaw Problem. Exp. Mech. 10, s.322-329, 1974.

- [3] Villarreal, G., Sih, G.C., Hartrauft, R.J.: Photoelastic Investigation of a Thick Plate With a Transverse Crack. J. Appl. Mech. 3, s. 9-14, 1975
- [4] Smith, G.W., Mc Cowan, J.J., Jolles, M.: Effect of Artificial Cracks and Poissons Ratio Upon Photoelastic Stress-Intensity Determinations. Exp. Mech. 5, s. 188-193, 1975
- [5] Poláček, J.: Součinitelé koncentrací napětí v ostrých vrubech. Zpráva SIGMA-VÚ č. 1318/1975
- [6] Marta, J.: Mýchv učebního programu: Vliv velikostí, četnosti, typu a vzájemné polohy vad svaru na napjatost svarového spoje potrubí a armatur pro VVER 440 MW. Zpráva MS, 1973
- [7] Poláček, J.: Vliv vzájemné interakce defektů svarů na napjatost. Zpráva SIGMA-VÚ č. 1224/1975
- [8] Savin, G.M.: Raspređenie napraženij okolo otvorenij. Kijev, 1968
- [9] Höschl, C. a kol.: Tabulky pro konstruktéry. ČVUT Praha, 1961

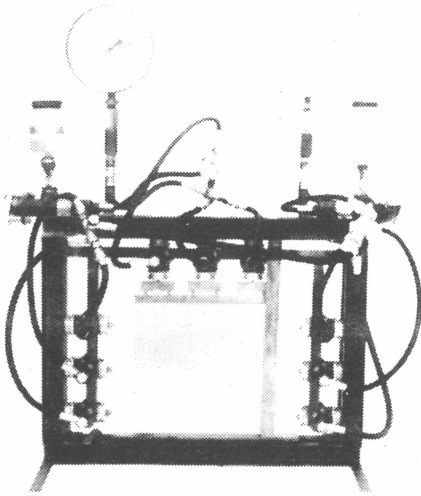
SEZNAM VZOBRAZENÍ

- Obr. 1 Geometrie modelu; A až D označení míst, kde byl zjištěn součinitel koncentrace napětí
- Obr. 2 Hydraulické zatěžovací zařízení
- Obr. 3 Geometrie modelů s označením proměřovaných míst
- Obr. 4a Příběh napětí po obvodu elipsovitého otvoru v desce zatížené rovnoměrným tahem kolmým na hlavní osu elipsy
- Obr. 4b Příběh napětí po obvodu elipsovitého otvoru v desce zatížené rovnoměrným tahem rovnoběžným s hlavní osou elipsy
- Obr. 5 Příběh izochromat u alternativy $I_a^{4,5}$
- Obr. 6 Tabulka hodnot koncentrací napětí v místech A až F; schéma alternativ je na obr. 3
- Obr. 7 Geometrie modelů a schéma jejich zatížení
- Obr. 8 Souřadnicový polariskop
- Obr. 9 Diagram závislosti součinitele koncentrace napětí na hloubce vrubu
- Obr. 10 Diagram závislosti součinitele koncentrace napětí na hloubce vrubu

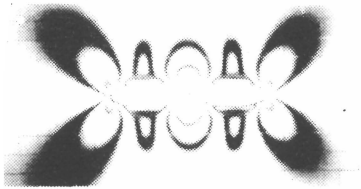


Obr. 1

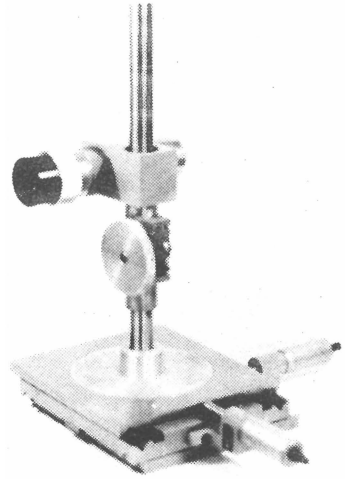
obr. 2



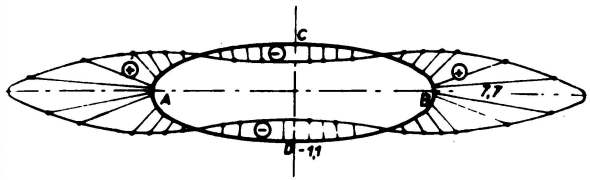
Obz. 5



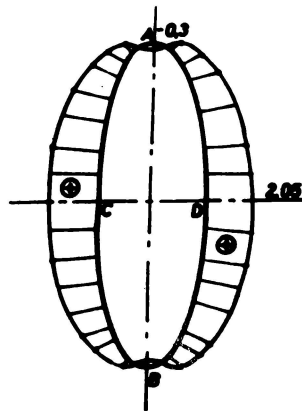
obr. 8

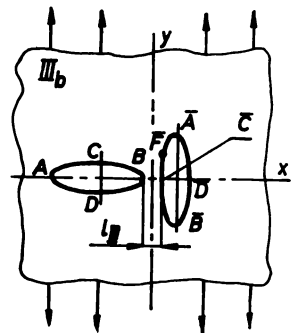
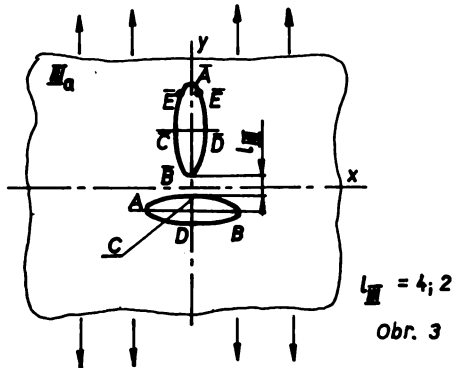
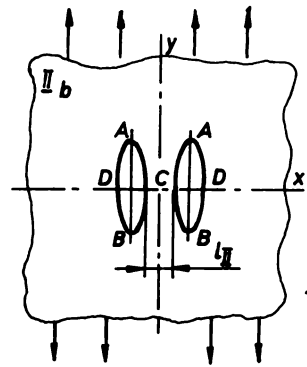
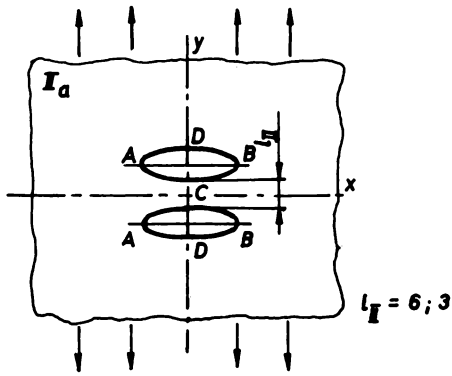
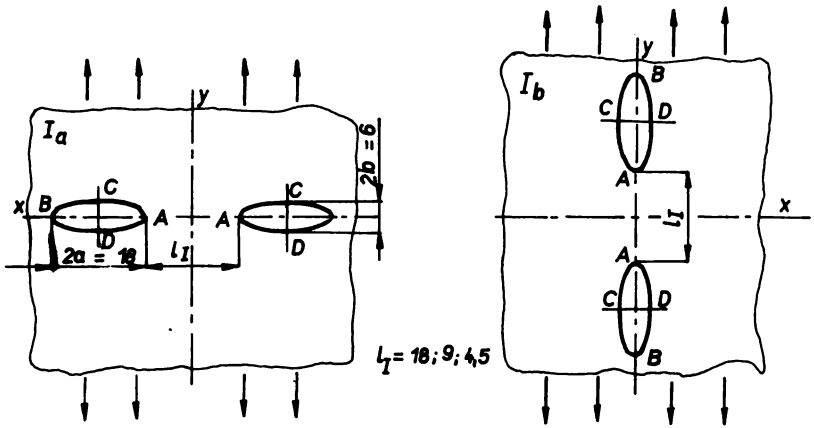


obr. 4 a



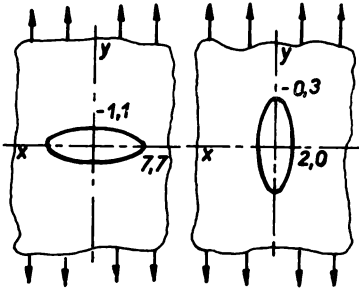
obr. 4 b



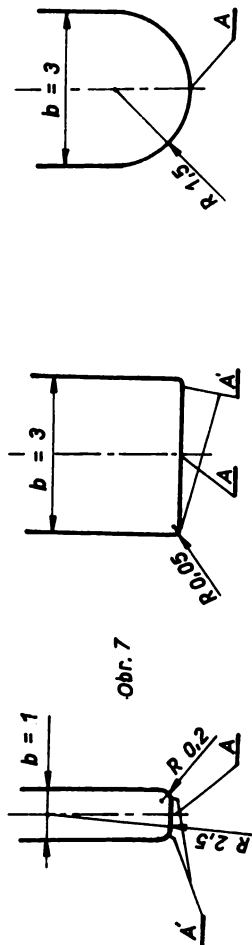
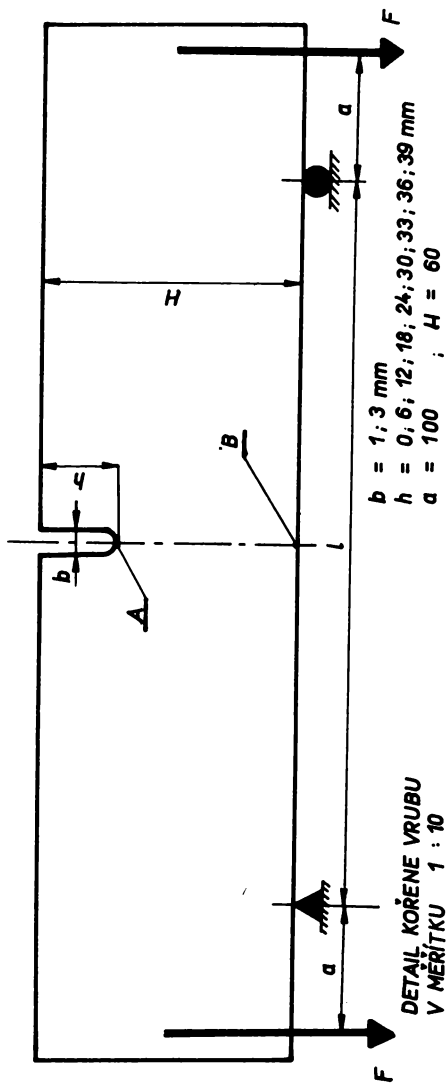


Obr. 3

Obr. 6



\bar{A}	\bar{B}	\bar{C}	\bar{D}	\bar{E} \bar{F}					alternativa
					-0,5	-0,5	2,7	2,4	I_b^3
-0,3	-0,4	1,2	1,2	1,5	8,6	8,6	-0,5	-0,5	III_a^4
-0,3	-0,9	1,4	1,4	1,6	9,5	9,5	-1,0	-0,9	III_a^2
-0,2	-0,2	2,1	2,3	-	9,3	12,0	-1,1	-1,1	III_b^4
1,0	1,0	2,4	2,3	2,3	10,0	13,0	-1,2	-1,2	III_b^2
					8,5	8,2	-0,9	-0,9	I_a^{18}
					10,2	9,0	-0,6	-0,6	I_a^9
					11,3	10,0	-0,3	-0,3	$I_a^{4,5}$
					-0,3	-0,3	2,1	2,1	I_b^{18}
					-0,3	-0,2	2,2	2,2	I_b^9
					-0,3	0	2,3	2,3	$I_b^{4,5}$
					7,9	7,9	-0,6	-0,8	II_a^6
					8,4	8,4	-0,5	-0,7	II_a^3
					-0,3	-0,3	2,3	2,2	I_b^6



Obr. 7

