



30th Conference of Experimental Stress Analysis
30. konference o experimentální analýze napětí
2. - 5. 6. 1992 ČVUT Praha Czechoslovakia

UNIFIED DATA REDUCTION PROCEDURE FOR BOTH STANDARD AND HOLE-DRILLING STRAIN GAUGE ROSETTES

UNIFIKOVANÝ POSTUP VYHODNOCENÍ TENZORU POVRCHOVÉ NAPJATOSTI Z ÚDAJŮ STANDARTNÍCH I OBYČEJNÝCH TENZOMETRICKÝCH RŮŽIC

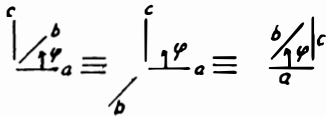
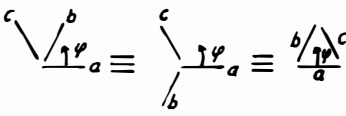
Jaroš P.

Abstract: Despite of an old exact solution of the problem some imperfections in modern literature still exist. The weakest point, esp. in the case of hole-drilling method, is probably the principle stress angle. Moreover, an inconsistent sign choice used in principle stress formula can cause misinterpretation of results. The proposed unified procedure is suitable for direct programming of both computers and pocket calculators.

Keywords: strain gauge rosette, data reduction, hole-drilling

Navzdory existenci již klasické teorie analýzy povrchové napjatosti homogenního, isotropního a lineárně elastického materiálu s lokálně rovnoměrnou napjatostí dosud není unifikován vyhodnocovací postup zahrnující všechny typy růžic, zejména pak odvrťovací. V důsledku nejednotnosti metodiky a nedůslednosti označování i v tak renomované literatuře, jako je starší verze normy ASTM /1/, může dojít k chybné interpretaci výsledků. Všechny uvedené nevýhody lze odstranit pomocí univerzálního postupu, jehož struktura je podrobně uvedena v TAB. 1.

TAB. 1 UNIFIKOVANÝ POSTUP PRO VYHODNOCENÍ VŠECH TYPŮ RŮŽIC

TYP RŮŽICE	PRAVOÚHLÁ 0-45°-90°	DELTA 0-60°-120°	ODVRTÁVACÍ	POZN.															
TRANSFORMACE NA ZÁKLADNÍ GEOMETRICKOU FORMU			Identická	1.															
STŘED MOHR. K. DEF.	$C_E = \frac{1}{2} (\epsilon_a + \epsilon_c)$	$C_E = \frac{1}{3} (\epsilon_a + \epsilon_b + \epsilon_c)$	Do stejných vzorců se dosadí přímo měřené hodnoty $\epsilon_a, \epsilon_b, \epsilon_c$ s opačnými znaménky	2.															
POM. VEL.	$Y = \frac{1}{2} (2\epsilon_b - \epsilon_a - \epsilon_c) = \epsilon_b - C_E$	$Y = \frac{1}{3} (\epsilon_b - \epsilon_c)$																	
POM. VEL.	$X = \epsilon_a - C_E$																		
POLOM. MOHR. K. DEF.	$R_E = \sqrt{X^2 + Y^2}$																		
ÚHEL VĚTŠÍ HLAVNÍ DEFORMACE ϵ , OD REFERENČNÍHO SMĚRU α	$\varphi_E = \frac{1}{2} \arctg \frac{Y}{X} + \varphi_0$ $\varphi_E = 0.5 * ATAN2(Y, X)$ $X = x, Y = y, \text{ Transformace } R \rightarrow P \Rightarrow R_E = r, \varphi_E = \frac{1}{2} \varphi$ <table><tr><td></td><td>$Y < 0$</td><td>$Y = 0$</td><td>$Y > 0$</td></tr><tr><td>$X = 0$</td><td>$\varphi_E = -45^\circ$</td><td>nedefin.</td><td>$\varphi_E = 45^\circ$</td></tr><tr><td>$X < 0$</td><td>$\varphi_0 = -90^\circ$</td><td colspan="2">$\varphi_0 = 90^\circ$</td></tr><tr><td>$X > 0$</td><td colspan="3">$\varphi_0 = 0$</td></tr></table>				$Y < 0$	$Y = 0$	$Y > 0$	$X = 0$	$\varphi_E = -45^\circ$	nedefin.	$\varphi_E = 45^\circ$	$X < 0$	$\varphi_0 = -90^\circ$	$\varphi_0 = 90^\circ$		$X > 0$	$\varphi_0 = 0$		
	$Y < 0$	$Y = 0$	$Y > 0$																
$X = 0$	$\varphi_E = -45^\circ$	nedefin.	$\varphi_E = 45^\circ$																
$X < 0$	$\varphi_0 = -90^\circ$	$\varphi_0 = 90^\circ$																	
$X > 0$	$\varphi_0 = 0$																		
NÁSOBITEL STŘEDU	$E_C = \frac{E}{1-\nu}$		$E_C = \frac{E^*}{1-\nu^*}$	3.															
NÁSOBITEL POLOMĚRU	$E_R = \frac{E}{1+\nu}$		$E_R = \frac{E^*}{1+\nu^*}$																
HLAVNÍ NAPĚTÍ	$\sigma_{1,2} = E_C \cdot C_E \pm E_R \cdot R_E ; \quad \sigma_1 > \sigma_2$																		
ÚHEL VĚTŠÍHO H. N.	$\varphi_\sigma = \varphi_E ; \quad -90^\circ \leq \varphi_\sigma \leq 90^\circ$			1.															

Poznámky k TAB.1:

1. Vzhledem k různým používaným konfiguracím růžic je třeba chápat myšlenkovou transformaci na základní geometrickou podobu jako zásadní první krok. Je při ní dovolena libovolná translace směrů a, b, c vedoucí k výsledné minimalizaci úhlů mezi nimi, t.j. 45° u růžice pravouhlé a 60° u růžice rovnostranné. Je-li kladný úhel φ hlavního směru 1 vynášen od referenčního směru a ve smyslu pořadí a, b, c pak je lhostejné, je-li tento smysl pravotočivý nebo levotočivý. Znázorněný levotočivý smysl by měl být volen přednostně s ohledem na souvislost s Mohrovou kružnicí značenou podle matematických zvyklostí polární souřadné soustavy.
2. Opačná znaménka přímo měřených deformací plynou z fyzikální podstaty odvrtávací metody, jelikož odvrtání způsobuje odlehčení. Prakticky lze záměru dosáhnout buď záměnou zapojení aktivních a kompenzačních tenzometrů nebo vložení záporného K -faktoru při programovém zpracování.
3. Relace zde nově zavedených modifikovaných hodnot Youngova modulu E^* a Poissonova poměru ν^* s konstantami dosavadních stěžejních řešení jsou uvedeny v TAB. 2.

TAB. 2: ZAVEDENÍ MODIFIKOVANÝCH PARAMETRŮ ODVRT. RŮŽICE

Liter.	/1/ 1981	/2/, /3/	/4/	/1/ 1985
$\frac{E^*}{E}$	$-\frac{1}{A+B}$	$-\frac{1}{k_1}$	$\frac{4A^*B^*}{E(A^*+B^*)}$	$\frac{2}{(1+\nu)\bar{a}+\bar{b}}$
ν^*	$-\frac{A-B}{A+B}$	$\frac{\nu k_2}{k_1}$	$\frac{A^*-B^*}{A^*+B^*}$	$\frac{\bar{b}-(1+\nu)\bar{a}}{\bar{b}+(1+\nu)\bar{a}}$

Ekvivalentní řešení lze provést uvažováním modifikovaného

k -faktoru a ν^* podle TAB. 2 $k^* = -\frac{E}{E^*} \cdot k, \quad -0,4 \lesssim k^* \lesssim -0,2.$

Po numerickém vyčíslení podle uvedených relací zjistíme nezanedbatelné rozdíly způsobené evolucí metody, která spočívá především v přechodu od původního Kirschova analytického řešení s ideálními předpoklady na řešení metodou konečných prvků, které je bližší reálným případům. Proto lze doporučit přímé experimentální ověření obou modifikovaných parametrů kalibrací v poli rovnoměrné jednoosé napjatosti s konkrétním typem geometrie různice-odvrtávaný otvor.

ZÁVĚR

Zavedení modifikovaných parametrů $\frac{E^*}{E}$ a ν^* závislých pouze na geometrii různice a odvrtávaného otvoru umožňuje vyhodnocení všech typů různic podle jednotného postupu uvedeného v TAB. 1. Jeho předností je snadná a jednoznačná interpretace výsledků s možností přímého programování, kdy využití R→P transformace představuje nejkratší známý postup pro kapesní kalkulatory.

Literatura:

- /1/ ASTM E837: Standard Test Method for Determining Residual Stresses by the Hole-Drilling Strain-Gage Meth. (versions 1981, 1985, 1989)
- /2/ N.J.Randler, Hole-Drilling Strain-Gage Method of Measuring I.Vigness: Residual Stresses
Exp. Mech. 6, No12 (1966), p.577-586
- /3/ E.M.Beaney, A Critical Evaluation of the Centre-Hole
E.Procter: Technique for the Measurement of Resid. Stress.
Strain 10, No1 (1974), p.7-14
- /4/ K.Hoffmann: An Introduction to Measurement Using Strain- G.
Handbook from Hottinger B.M. (1989), p.231-234

Autor příspěvku: Ing Petr Jaroš, CSc

Státní výzkumný ústav pro stavbu strojů

190 11 PRAHA 9-Běchovice

Tel.:74 30 51-9/2710

Fax:42 2 735204