

TO THE ACCURACY OF DETERMINATION OF RESIDUAL STRESSES
BY THE HOLE-DRILLING METHODK OTÁZCE PŘESNOSTI URČOVÁNÍ ZBYTKOVÝCH NAPĚTÍ
ODVRTÁVACÍ METODOU

Vlk M.

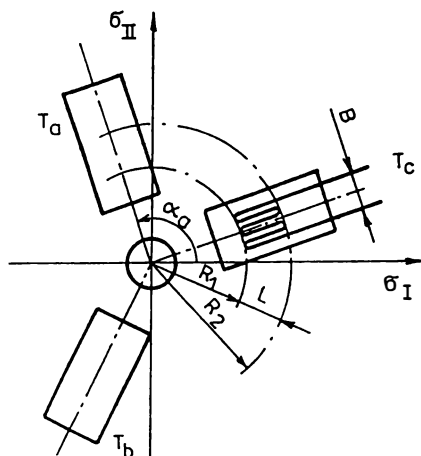
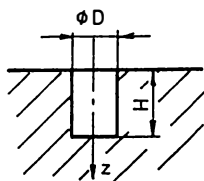
The hole-drilling method for determining residual stresses has been developed by many researchers for several decades. The purpose of this paper is to indicate the sources of error and suggest how these can be minimized.

1. Úvod

Požadavky na stanovení velikosti zbytkových napětí, vyskytující se v polotovarech nebo hotových výrobcích jako důsledek předchozích technologických operací, nejsou v průmyslové praxi až tak výjimečné. Důležitost těchto požadavků vzrůstá především v souvislosti s možným výskytem mezních stavů nepříznivě ovlivňovaných zbytkovými napětími a vedoucích k nežádoucímu porušování nebo změnám tvaru. Jako zvláště užitečné se potom jeví experimentální metody, umožňující určování zbytkových napětí na součástech a konstrukcích ještě v průběhu jejich výrobního cyklu.

Jednou z nich je nesporně odvrtávací metoda, založená na měření deformací vyvolaných částečným uvolněním zbytkových

napětí po vyvrtání otvoru uprostřed tenzometrické růžice. Všeobecně je známa pod názvem Matharova metoda [1]; tento autor však měřil radiální deformaci mechanickým průtahoměrem. Využití odporových tenzometrů k těmto účelům ukázali Soete



Obr. 1

- vyvrtaný otvor přesně ve středu tenzometrické růžice, kolmo ke střednicové ploše.

S jejich využitím a s uvažováním znalostí délkových přetvoření ve třech radiálních směrech v bodě na poloměru R (Obr. 1) lze odvodit (viz např. [2], [4], [6])

$$\sigma_{I, II} = \frac{E}{2} \left(\frac{C}{A} \mp \frac{D}{B} \right) \quad (1)$$

Konstanty A , B závisí na geometrii (D , R) a na Poissonově čísle, C a D jsou funkcemi délkových přetvoření, E je modul pružnosti v tahu.

a Vancrombrugge [2]. Dnes dodávají k těmto účelům přední světová výrobci speciální tenzometrické růžice: firma Hottinger Baldwin Messtechnik růžice RY 21 a RY 61, firma Vishay Micro-Measurements růžice 062RE, 062RK a 062UM. Tato metoda je též normalizována v ASTM [5].

2. Přehled problematiky

Původní teoretické základy této metody spočívaly na analytickém řešení elastického stavu napjatosti kolem otvoru v tažené stěně (G. Kirsch 1898 [3]). Výchozí předpoklady byly:

- průchozí otvor přes celou tloušťku nekonečné stěny,
- homogenní stav elastické rovinné napjatosti v rovině stěny,
- nulová složka napětí kolmá ke střednicové ploše,

Při praktickém využívání metody je však platnost všech uvedených předpokladů ve větší či menší míře narušena a tím též ovlivněna spolehlivost vyhodnocených výsledků:

- vyvrtaný otvor není průchozí ale slepý,
- napjatost kolem otvoru je ovlivněna konečnými rozměry tělesa (šířkou, tloušťkou),
- obecně nelze vyloučit ani interakci v důsledku několika blízko u sebe umístěných měřených míst a tedy ovlivňujících se polí napjatosti kolem otvorů,
- napjatost na povrchu stěny je nehomogenní (při jistém zjednodušení lze uvažovat např. její lineární proměnnost),
- napjatost je po tloušťce proměnná - s větším nebo menším gradientem; jedná se tedy o stěnodesky (v případě plošných konstrukcí) nebo o trojrozměrná tělesa,
- odporový tenzometr neměří délkové přetvoření v bodě, ale poskytuje střední hodnotu vztahující se k ploše měřicí mřížky,
- napětově-deformační odezva neodpovídá předpokládanému lineární pružnému hookovskému materiálu,
- materiálové charakteristiky - v tomto případě modul pružnosti v tahu a Poissonovo číslo - jsou odlišné od teoreticky předpokládaných,
- otvor není vyvrtán přesně ve středu tenzometrické růžice, ale excentricky,
- vrtáním otvoru je do součástí vneseno zbytkové napětí,
- v důsledku vysoké hladiny zbytkových napětí dochází k plastifikaci objemů materiálu v blízkosti vyvrtaného otvoru.

Pokusům o snížení míry vlivu těchto nepříznivých faktorů byla věnována řada teoretických a experimentálních prací.

Spolehlivost získaných výsledků je samozřejmě též ovlivněna chybami samotného měřicího řetězce. Vzhledem k poměrně nízkým velikostem měřených deformací hraje tato otázka rovněž důležitou roli.

3. Řešení vybraných otázek

bude ukázáno na konferenci.

Literatura

- [1] Mathar, J.: Ermittlung von Eigenspannungen durch Messung von Bohrlochverformungen. Archiv für das Eisenhüttenwesen, 6, 1932, č.6, s.277-281.
- [2] Soete, W. - Vancrombrugge, R.: An Industrial Method for the Determination of Residual Stresses. Proceedings of the SESA, 1950, s.17-26.
- [3] Timoshenko, S.P. - Goodier, J.N.: Theory of Elasticity. McGraw-Hill Book Co., 1951.
- [4] Pelter, A. - Greiner, Ch. - Woebcken, W.: Eigenspannungen I. Art. Düsseldorf 1966.
- [5] ASTM Standard E 837-85 "Determining Residual Stresses by the Hole-drilling Method".
- [6] Measurement of Residual Stresses by the Hole-drilling Strain Gage Method. TECH NOTE TN-503-3, Vishay Micro Measurements.
- [7] Rendler, N.J. - Vigness, I.: Hole-drilling Strain-gage Method of Measuring Residual Stresses. Experimental Mechanics, 6, 1966, č.12, s.577-586.
- [8] Kelsey, R.A.: Measuring Non-uniform Residual Stresses by the Hole-drilling Method. Proceedings SESA, 14, 1956, č.1, s.181-194.
- [9] Motzfeld, H.: Fehlerquellen beim Messen von Schweiß-eigenspannungen nach dem Trepanier- und Bohrlochverfahren. Schweißen und Schneiden, 13, 1961, č.10, s.464-470.
- [10] Beaney, E.M. - Procter, E.: A Critical Evaluation of the Centre Hole Technique for the Measurement of residual Stresses. Strain, 10, 1974, č.1, s.7-14, 52.
- [11] Vlk, M.: Praktická metoda měření zbytkového pnutí. Výzkumná zpráva ÚAM-VŽKG, 351/69.
- [12] Vlk, M.: Měření reziduálních pnutí. Výzkumná zpráva ÚAM-VŽKG, 517/72.
- [13] Vlk, M.: Měření zbytkových pnutí. ÚAM-VŽKG, 1018/80.

Vysoké učení technické - fakulta strojní

Ústav mechaniky těles

Technická 2, 616 69 Brno

Tel. (05) 713 2886 / Fax (05) 745 718