

E xperimentální 2005 A nalýza N apětí

HOLE DRILLING METHOD AND ECCENTRICITY OF THE HOLE

EXCENRICITA OTVORU A JEJÍ ZOHLEDNĚNÍ U ODVRTÁVACÍ METODY

Karel Doubrava¹, Tomáš Mareš² Karel Vítek³

Determination of level of residual stresses on construction is very important today. The hole–drilling method is mostly used experimental method. The Standard ASTM E 837 is required by a customer generally. This standard prescribes condition of drilling the hole. This article deals about possibility involve eccentricity of the hole for residual stresses determination accuracy. The new relation between measured strains and residual stresses was proposed.

Keywords

residual stress, hole–drilling method, FEM

Úvod

Zjišťování stavu zbytkových napětí v konstrukci se v dnešní době stává požadovaným atributem pro mnoho odběratelů nových výrobků. Mezi nejvíce rozšířené metody určování úrovně zbytkových napětí patří metoda odvrtávací. Tato metoda je založena na postupném vyvrtání otvoru do středu speciální tenzometrické růžice. Navrtáním otvoru dojde k uvolnění zbytkových deformací, které jsou odměřeny pomocí růžice. Hodnoty změřených deformací pak slouží jako základ pro vyhodnocení zbytkových napětí. V současnosti patří mezi nejčastěji požadované vyhodnocení dle normy ASTM E837. Na základě této normy byl vytvořen MKP model symulující postup odvrtávání a obsahuje rovněž nainstalovanou soustavou tenzometrů. V příspěvku je ukázána možnost zpřesnění výsledku v případě excentricity otvoru vůči středu tenzometrické růžice.

Program Tridente

K vytvoření robustnějšího základu pro popis vztahu mezi uvolněnými deformacemi a zbytkovým napětím byl vytvořen konečně prvkový model a byl proveden „numerický experiment“, kdy byla namodelována tyč, která byla namáhána tahem. Na tažené tyči byly „nainstalovány“ tenzometry a bylo provedeno odvrtání [1].

¹Ing. Karel Doubrava: Ústav mechaniky, odbor pružnosti a pevnosti, Fakulta strojní ČVUT v Praze; Technická 4, 166 07 Praha 6; tel.: +420-224 352 750, e-mail: Karel.Doubrava@fs.cvut.cz

²Ing. Tomáš Mareš Ph. D.: Ústav mechaniky, odbor pružnosti a pevnosti, Fakulta strojní ČVUT v Praze; Technická 4, 166 07 Praha 6; tel.: +420-224 352 525, e-mail: Tomas.Mares@fs.cvut.cz

³Ing. Karel Vítek CSc.: Ústav mechaniky, odbor pružnosti a pevnosti, Fakulta strojní ČVUT v Praze; Technická 4, 166 07 Praha 6; tel.: +420-224 352 520, e-mail: Karel.Vitek@fs.cvut.cz

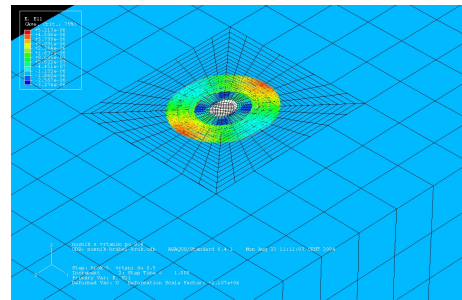
Získané výsledky pak tvořily základ pro nalezení nového předpisu mezi uvolněnými deformacemi a daným napětím, kdy byla zvolena regresní funkce ve tvaru trigonometrické Fourioerovi řady ve tvaru

$$\varepsilon_f(\alpha) = \sum_i (K_i \cos(i\alpha))$$

vztah mezi hlavními napětími a signálem z tenzometru je pak dán rovnicí

$$\varepsilon(\alpha) = \sigma_x \varepsilon_f(\alpha) + \sigma_x \varepsilon_f(\alpha + 90).$$

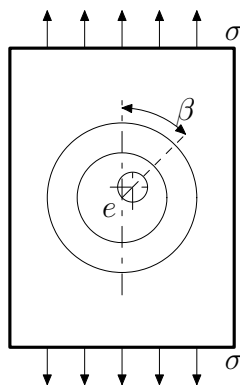
V případě zahrnutí vlivu excentricity bylo nutno původní model rozšířit. Použitý model byl doplnit o tenzometry nainstalované po celém obvodu otvoru, jak je vidět na obr. 1.



obr. 1: Model MKP

Excentricita otvoru

Pro modelování excentricity otvoru byl použit stejný model, kdy došlo k vzájemnému posuvu středu otvoru a středu prstence tenzometrů o hodnotu excentricity e a natočení směru posuvu o úhel β (obr.2).



obr. 2: Excentricita

Po každém posuvu byl proveden kompletní výpočet uvolněných deformací při zvětšování hloubky otvoru. Takto získaná data opět tvořily vstupní hodnoty pro předpis popisující vztah uvolněných deformací a napětí. Vzhledem k nesymetričnosti zatížení byla zvolena regresní funkce ve tvaru úplné trigonometrické Fourioerovi řady:

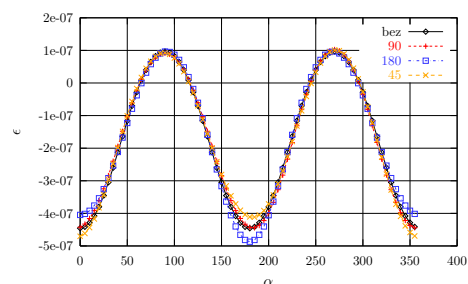
$$\varepsilon_f(\alpha) = \sum_i (K_i \cos(i\alpha) + L_i \sin(i\alpha))$$

Průběhy funkcí nalezených na základě těchto výpočtů jsou znázorněny na obr. 3 Z nich je patrné, že dochází k odchylce průběhu deformací oproti stavu bez excentricity otvoru vůči středu tenzometrické růžice. Pro nalezení předpisu pro popis deformací je potřeba zavést funkci

$$\varepsilon_f(\alpha, \beta) = \sum_{i,j} K_{ij} \varphi_i \psi_j$$

Závěr

Z uvedených výsledků vyplývá oprávněnost zaměření pozornosti na otázku excentricity otvoru, kdy se ukazuje že tento vliv je větší pro menší hloubky otvoru. Při menších hloubkách otvoru bývají hodnoty měřených deformací menší a častokrát i souměřitelné s chybou připojené tenzometrické ústředny. Z tohoto důvodu je pak možnost zpřesnit výpočet zbytkových napětí vítána.



obr. 3: Deformace pro různé β

Literatura

- [1] Doubrava, K. – Mareš, T. – Španiel, M. – Vítek, K.: *Hole Drilling Method Evaluation Problem*, 42nd International Conference Experimental Stress Analysis, EAN –2004 , June 2004, Plzeň 2004 s. 47–50