EAN '95

33rd Conference of Experimental Stress Analysis
33. konference o experimentální analýze napětí
5. - 8.6.1995, Třešť, Czech Republic

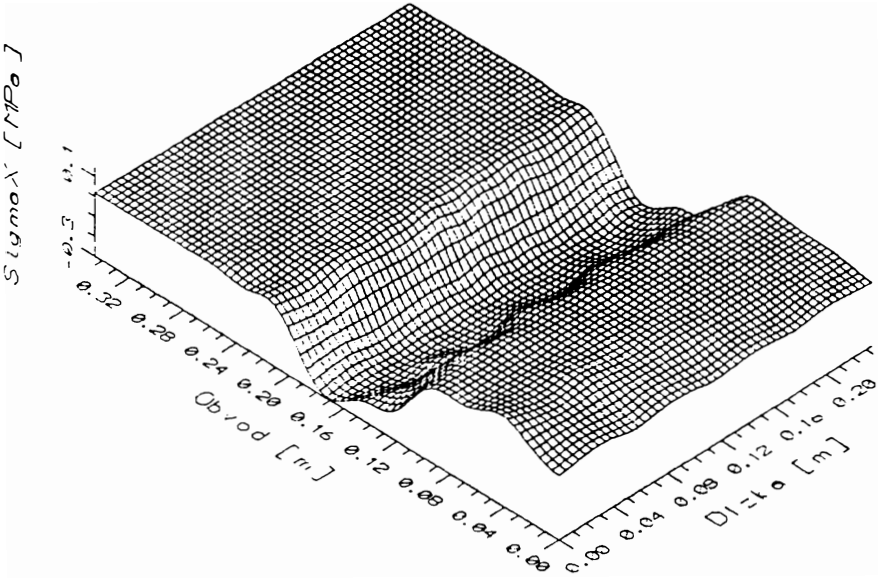
COMPARISON OF THE ACCURACY OF NUMERICAL METHODS AT THE STRESS DETERMINATION FROM EXPERIMENTALLY OBTAINED VALUES
POROVNANIE PRESNOSTI NUMERICKÝCH METÓD PRI UČOVANÍ NAPÄTÍ Z EXPERIMENTÁLNE ZISTENÝCH HODNOT

Kubík , Ľ.

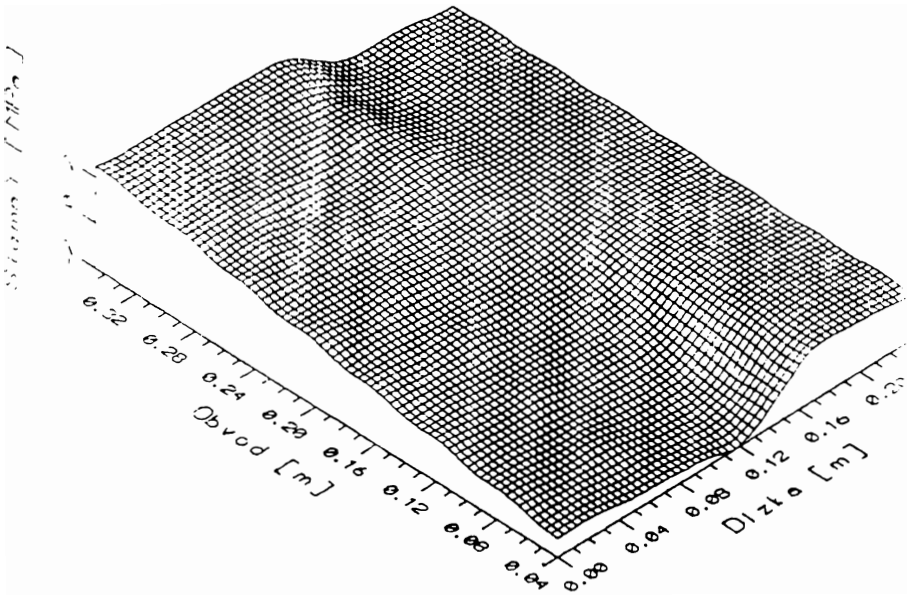
This paper deals with the comparison of accuracy of the approximation function derivative method and the FEM at the determination of surface stresses on the engine cylinder liner. The stresses are computed from displacements obtained by holographic interferometry. The FEM is more precise in the case of correct boundary conditions .

Holografická interferometria (HI) je popri metóde moiré jediná metóda umožňujúca bezkontaktne určiť premiestnenia na povrchu reálnych objektov. V inžinierskej praxi je však bežné hodnotiť stav pretvorenia a napäťový stav objektov. Stanoviť tento stav z premiestnení určených HI je možné pomocou numerických metód vypočítaním príslušných numerických derivácií. Vo väčšine literatúry zaoberajúcej sa numerickými deriváciami napr. [1] , [2] sa problém ich určenia predstavuje ako matematicky zle podmienená úloha. V práci [3] sú porovnané diferenčná metóda, metóda splajnov a metóda derivácie aproximačnej funkcie. Jednoznačne vyplynulo, že najpresnejšia je metóda derivácie aproximačnej funkcie. V snahe bližšie preskúmať tieto skutočnosti v inžinierskej praxi bola študovaná presnosť (resp. nepresnosť) určenia napätí z premiestnení pre vložku valca motora traktora ZETOR UR-IV pomocou dvoch metód , metódy derivácie aproximačnej funkcie a metódy konečných prvkov (MKP).

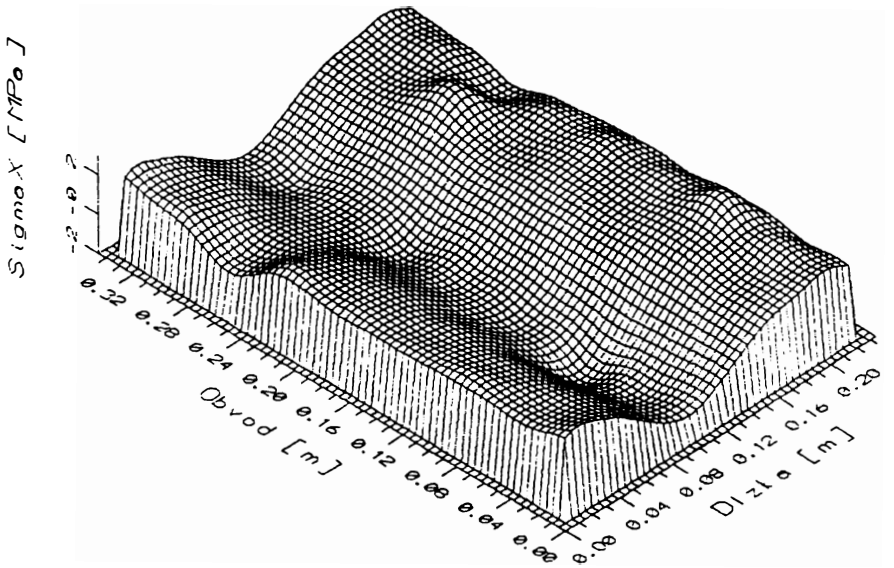
Ako vstupné údaje bolo využité pole premiestnení získaných pomocou HI publikované v [4]. Stredná chyba premiestnení vznikajúca v dôsledku použitej metódy HI (metóda zmeny



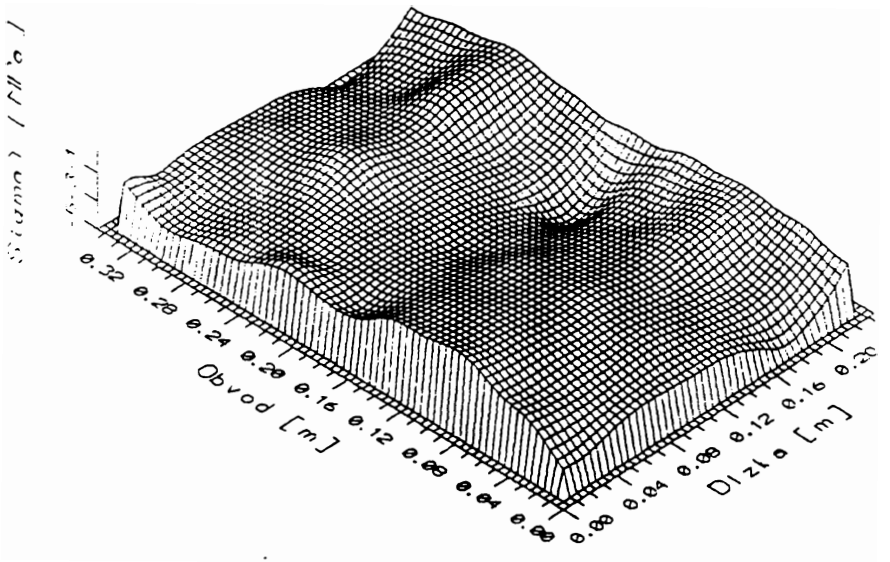
Obr. 1 Rozvinutá plocha napätí σ_x určených metódou derivácie aproximačnej funkcie.



Obr. 2 Rozvinutá plocha napätí σ_y určených metódou derivácie aproximačnej funkcie.



Obr. 3 Rozvinutá plocha napětí σ_x určených metódou MKP.



Obr. 4 Rozvinutá plocha napětí σ_y určených metódou MKP.

relatívneho rádu interferenčných čiar v anglickej literatúre nazývaná metóda FC) bola 4 μm t.j. (33-50) %. Chyba bola určená ako chyba nepriamych meraní zo vzťahu [4], $\lambda dN = - dn\Delta r$. Vložka bola rozdelená axiálnymi a radiálnymi rezmi a premiestnenia jednotlivých rezov boli aproximované aproximačnými funkciami pomocou regresie. Z axiálnych rezov boli určené napätia σ_x, z radiálnych napätia σ_y. Rozptie stredných chýb premiestnení vytvorených v dôsledku vyhladenia metódou najmenších štvorcov bolo (0,6-31)%. Na regresiu bol využitý program STATGRAPHICS ver. 3.0. Pre výpočet bola použitá tabuľková hodnota modulu pružnosti pre šedú liatinu $1,259 . 10^{11}$ Pa.

Určenie povrchových napätí σ_x, σ_y pomocou metódy derivácie aproximačnej funkcie bol popísaný v [5]. Rozvinutá plocha napätí je znázornená na obr. 1 ,2. Stredná chyba druhej derivácie aproximačnej funkcie bola určená ako chyba nepriamych meraní podľa [3]. Stredná chyba napätí bola v rozsahu (14-436)% pre σ_x a (12-529)% pre σ_y.

Na určenie napätí pomocou MKP bol použitý program COSMOS/M limitovaná verzia. Na riešenie bolo použitých 48 hrubých štvoruholníkových škrupinových elementov. Hlavné napätia σ_x, σ_y sú na obr. 3, 4. Chyby napätí sú závislé najmä od voľby okrajových podmienok. Metóda MKP je z princípu presnejšia ako iné numerické metódy a pre dobre zadané okrajové podmienky je jej rozdiel voči analyticky uskutočnenému výpočtu zlomky percent [6]. Napätia σ_x určené priamou deriváciou aproximačnej funkcie boli o jeden rád nižšie ako napätia σ_x určené MKP. Tento rozdiel bol spôsobený nepresnosťou v zadaní okrajových podmienok u MKP a väčšou nepresnosťou u metódy derivácie aproximačnej funkcie. Napätia σ_y na obr. 2, 4 boli rádovo zhodné.

Z uvedeného rozboru vyplynulo, že výhodnejšia a presnejšia je MKP v prípade, že sú dobre známe okrajové podmienky.

Literatúra:

[1] Vitásek , E.: Numerické metody. Praha, SNTL 1987.

[2] Kolektív: Malá encyklopédia matematiky. Bratislava, Obzor 1981.

[3] Kubík , Ľ.:Zhodnotenie presnosti merania zvyškových napätí. In: Zborník 30.

medzinár. konf. o experimentálnej analýze napätí EAN '92, ČVUT Praha, 1992, s. 173-178.
[4] Brozman, D.-Kubík, Ľ.: Strain Field Measurement on Cylinder Liners of Engine by Holographic Interferometry .In: Zborník 30. medzinár. konf. o experimentálnej analýze napätí EAN '92, ČVUT Praha, 1992, s. 27-32.
[5] Kubík, Ľ.-Brozman, D.:Určenie povrchových napätí pomocou modelu tenkých tyčí. In: Zborník 31. konf. o experimentálnej analýze napätí EAN '93, Měřín 1993, s. 183-186.
[6] FFA,Ltd.: LUSAS Theory Manual, LUSAS Verification Manuals, ver.11, 1993.

RNDr. Ľubomír KUBÍK
Katedra fyziky, MF VŠP, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika.
Tel.: 0042 (0)87 601, kl. 759, Fax.: 0042 (0)87 417 003.