

Hybrid Modeling Deformation State of the Tractor Engine UR-IV

Hybridné modelovanie deformačného stavu motora traktora UR-IV.

D.Brozman

Abstract

Application of the holographic interferometry and the finite element method to the analysis of engine deformation are described. An identification parameter based on the multi-dimensional correlation is proposed for the comparison of fringe pattern with the FEM results. In this way the errors of computer model which are caused by incorrect boundary conditions are considerably suppressed.

Úvod

Metóda konečných prvkov je najefektívnejšia metóda pre počítačové modelovanie deformačných stavov technických systémov. Jej najväčšia nevýhoda pri zložitejších modeloch spočíva v neistote zadania okrajových podmienok, čo môže spôsobiť praktickú nepoužiteľnosť tejto metódy. Pre odstránenie tejto nevýhody bola navrhnutá hybridná metóda spájajúca MKP a holografickú interferometriu (D.Brozman-L.Kubík,1994). V tejto metóde bol interferenčný obraz predstavujúci izotéty modelovaný pomocou MKP, pričom za predpokladu správne vytvoreného modelu, zhodnosť výsledku modelovania a výsledku z holografického interferogramu zaručovala správne okrajové podmienky. S takto zadanými okrajovými podmienkami je potom možné pokračovať v nasledovnom výpočte, alebo modelovať stav celého objektu, teda aj častí, ktoré holografický interferogram nezachytáva. Týmto spôsobom sú odstránené nevýhody oboch metód a je zaručená úspešnosť použitia CAD/CAM systémov.

Identifikačný postup v hybridnej metóde

Vlastné prepojenie oboch metód je v predkladanom príspevku navrhnuté uskutočniť pomocou identifikačného postupu, ktorý umožní posúdiť štatistickú významnosť zhodnosti fyzikálneho modelu (holografický interferogram) a počítačového modelu (MKP). Pre tento účel je využitá dvojrozmerná medzikorelačná funkcia, resp. dvojrozmerný korelačný koeficient. Pre 2-D medzikorelačnú funkciu môžeme odvodiť výraz

$$R_{1,2}(k,t) = \lim_{\substack{n \rightarrow Y \\ n \rightarrow X}} \frac{1}{mn} \int \int z_{1(x,y)} z_{2(x+k,y+t)} dx dy$$

kde $z_i(x,y)$ sú vektorové polia posunutí na vyšetrovanom povrchu reálneho a počítačového objektu, X, Y sú rozmery vyšetrovanej oblasti. Takto je možné kvalitatívne v grafickej forme posudzovať stupeň zhodnosti počítačového modelu s reálnym deformáčnym stavom objektu.

Jednoznačnejší spôsob je kvantitatívne hodnotenie zhodnosti reálneho a počítačového experimentu pomocou 2-D korelačného koeficientu, ktorý môžeme odvodiť v tvare

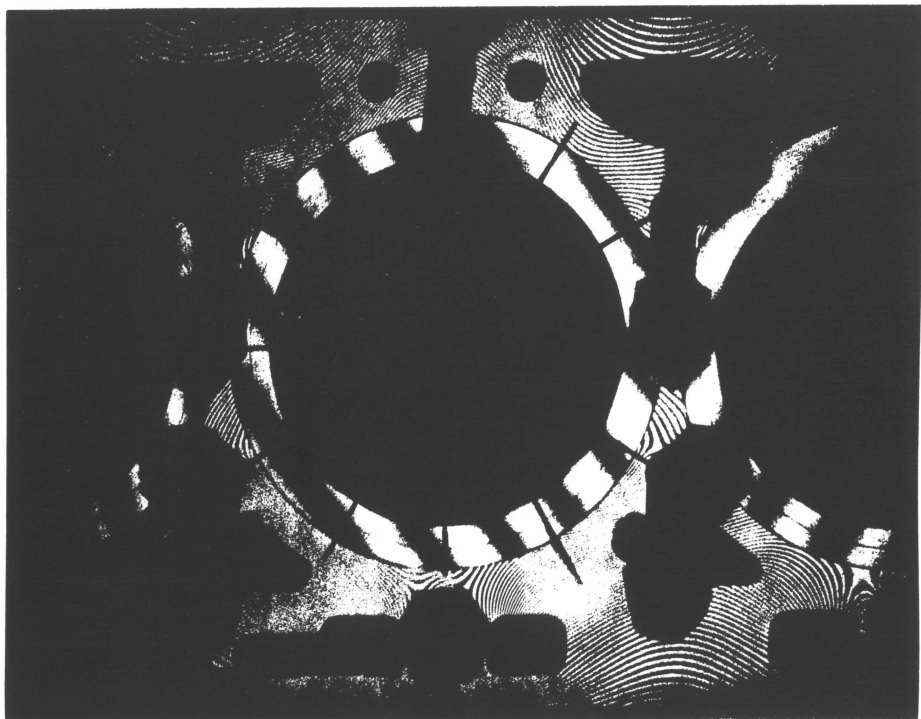
$$K_R = \frac{\sum (z_{1(m,n)} - \bar{z}_{1(m,n)})(z_{2(m,n)} - \bar{z}_{2(m,n)})}{\sqrt{\sum (z_{1(m,n)} - \bar{z}_{1(m,n)})^2 \sum (z_{2(m,n)} - \bar{z}_{2(m,n)})^2}}$$

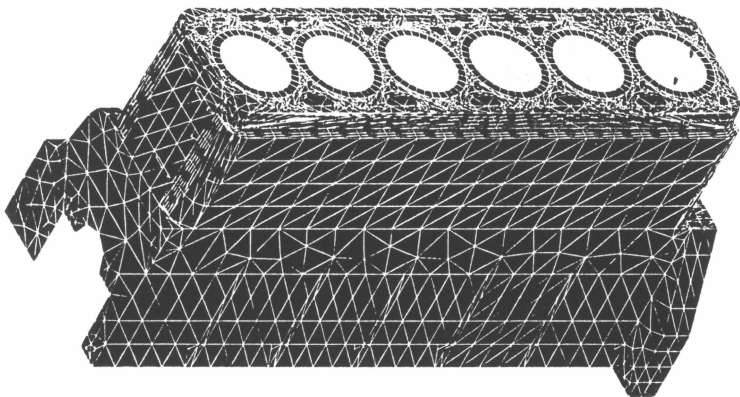
kde $z_i(m,n)$ sú hodnoty príslušných porovnávaných zložiek vektora posunutia. Takto definovaný koeficient nadobúda hodnoty v intervale $<-1,1>$. Hodnota korelačného koeficientu udávajúca hranicu od ktorej môžeme považovať zhodnosť porovnávaných funkcií za štatisticky významnú, je závislá od počtu porovnávaných hodnôt a od zvolenej hladiny významnosti (Dowdy, 1983). Keďže pri hodnotení výsledkov experimentov je potrebné postupovať opatrne, volená je hladina významnosti 0.01. Aj pri takomto pomere prísnom kritériu existuje určitý interval vyhovujúcich hodnôt. Z toho dôvodu zavedieme tzv. identifikačný parameter daný jednoduchým vzťahom

$$I_p = K_R^2$$

čím získame hodnotenie zaručujúce presnosť stotožnenia modelu s experimentom na úrovni najpresnejších vyhodnocovacích metód v holografickej interferometrii.

Týmto spôsobom boli vyšetrované vyosenia a deformácie vložiek valcov šesť valcového motora UR-IV, ktoré vznikali vplyvom utiahnutia kotevných skrutiek a montáže hlavy valcov. V experimente boli merané krajné a jeden centrálny valec. Pomocou systému LUSAS boli po dosiahnutí hodnoty identifikačného parametra 0.56 (kritická hodnota bola 0.36) pre tieto valce, domodelované ostatné valce pre prípad záťaže od kotevných skrutiek a od montáže hlavy valcov. Príklad holografického interferogramu predstavujúceho vyosenie jednej z vložiek valcov v dôsledku utiahnutia kotevných skrutiek je na obrázku.





Model celého motora sa skladal zo 14155 elementov. Úloha bola riešená ako kontaktný problém uloženia vložiek valcov.

Model vyosenia všetkých vložiek valcov na základe modelovania holografického interferogramu je na nasledujúcej fotografii. Na treťom zábere je model deformácie vnútorných plôch vložiek valcov v dôsledku montáže hlavy valcov. Posledná fotografia ukazuje detail deformovanej vložky valca č.6.

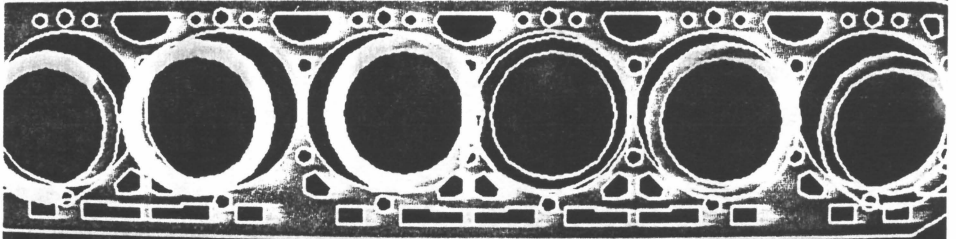
Záver

Holografická interferometria sa javí pravdepodobne ako jediná experimentálna metóda vhodná pre identifikáciu s MKP. Dôvodom je možnosť získania spojitého trojzložkového poľa posunutí na povrchu vyšetřovaného objektu, čo nie je možné získať žiadnou inou experimentálnou metódou. Nutnosť vývoja postupov podobných navrhovanému vyplýva okrem iného aj z pripravovanej povinnosti používania systémov MKP v inžinierskej praxi, ktorá bude zakotvená zavedením systému akosti v európskej normovej rade EN 45001 a v ISO 9000. Spôľahlivé používanie týchto systémov bude pravdepodobne spočívať hlavne vo vyriešení ich vhodného prepojenia s experimentom. Jedno z možných riešení poskytuje postup navrhovanej hybridnej metódy.

CONTOURS OF RSLT [mm]



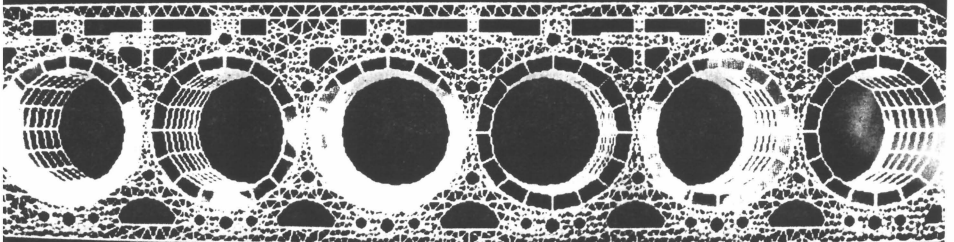
$0.5561E-03$
 $0.1668E-02$
 $0.2781E-02$
 $0.3893E-02$
 $0.5005E-02$
 $0.6117E-02$
 $0.7229E-02$

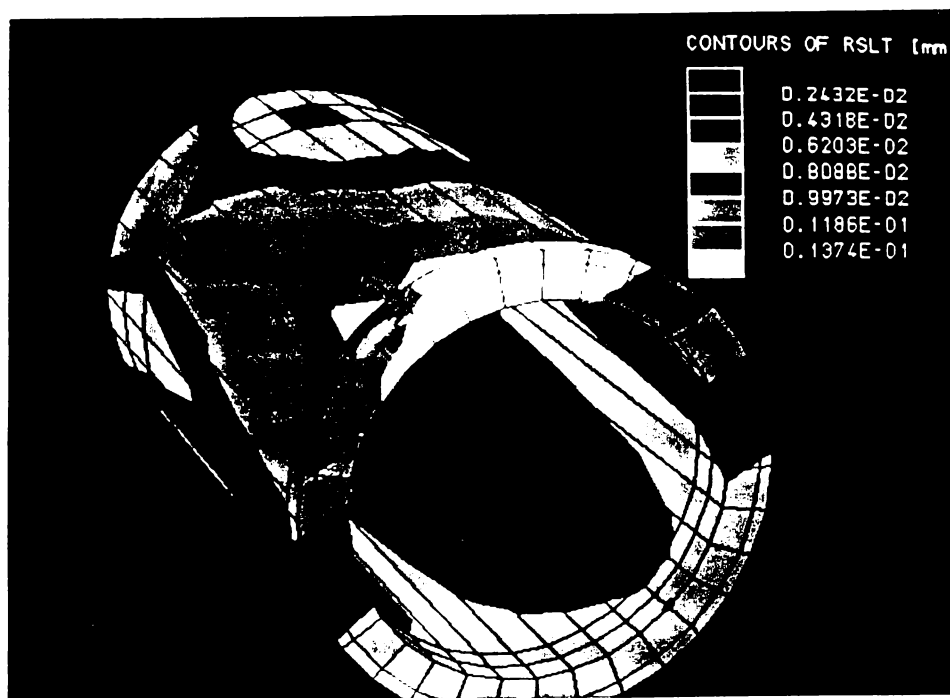


CONTOURS OF RSLT [mm]



$0.1728E-02$
 $0.5183E-02$
 $0.8638E-02$
 $0.1209E-01$
 $0.1555E-01$
 $0.1900E-01$
 $0.2246E-01$





Literatúra

- Brozman, D.-Kubik, L.: Hybridná metóda pre určenie napätí na vložke valcov motora. In: Zborník 32. konf. EAN'94, Liberec 1994, 26-29
- Dowdy, S.: Statistics for Research. J. Wiley, New York, 1983

RNDr. Dušan Brozman, Katedra fyziky, Mechanizačná fakulta VŠP, Tr.A.Hlinku 2, 949 76 Nitra, Slovenská republika. Tel.: 087/601, kl. 759. Fax: 087/417 003