



**IMAGE PROCESSING IN EVALUATION OF HOLOGRAMS
OF VIBRATING CYLINDRICAL TANK
POČÍTAČOVÉ VYHODNOCENÍ HOLOGRAFICKÝCH ZÁZNAMŮ
TVARŮ KMITÁNÍ VÁLCOVÉ NÁDRŽE**

Formánek P., Horáček J.

Image processing analysis was developed and applied on the evaluation of holographic records of vibration modes of thin-walled cylindrical vessel. The analysis enabled us to compare mode shapes of empty and full water vessel, and to reconstruct the shape of the deformation between nodal lines on the shell surface. The same procedure can be used for the evaluation of deformations in the method of moiré topography.

1. Úvod

Při experimentálním výzkumu frekvenčně modálních vlastností tenkostěnných válcových skořepin kmitajících v interakci s kapalinou se ukázala jistá závislost zejména některých vlastních tvarů kmitání na přítomnosti kapaliny [1] a vznikla tak potřeba nějakým způsobem tyto tvary kmitání vzájemně objektivně porovnávat. Měření tvarů kmitání složitějších konstrukcí s větším množstvím uzlových čar je často výhodné provádět holografickými metodami [2]. Ze zaznamenaného hologramu, např. modelu vertikální válcové nádrže, celkem snadno rozpoznáme polohy uzlových čar. Podstatně komplikovanější lze však ze záznamu hologramu usoudit na průběh deformace stěny mezi uzly a určit např. zda se tvar kmitu blíží spíše tvaru pro vetknutí skořepiny, nebo tvaru pro prosté podepření skořepiny. Podobný problém nastává pokud chceme např. porovnávat tvary kmitání se stejným počtem uzlových čar pro nádobu na vzduchu a s kapalinou. V obou případech se

totiž obvykle nepodaří pořádně hologramy se stejnou hustotou proužků, a to zejména díky rozdílným amplitudám kmitů prázdné a plné nádrže. Nové možnosti v řešení těchto problémů poskytuje počítačová analýza zaznamenaných holointerferogramů.

2. Metoda počítačového vyhodnocení hologramů

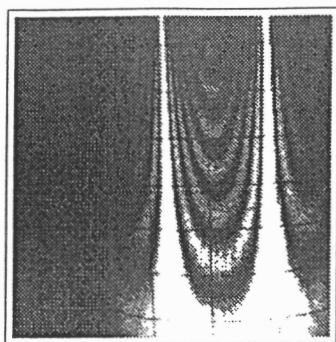
Vyvinutá metoda vyhodnocení interferogramů je obecněji použitelná a prakticky nezávisí na sledované fyzikální veličině. Metoda je založena na nalezení interferenčních proužků v digitalizovaném obrazu, jejich převedení do vektorového tvaru v paměti počítače a v jejich očíslování. Interferenční proužky jsou interpretovány jako izočáry konstantní hodnoty dané fyzikální veličiny.

Pro vyhodnocení interferogramů je používáno zařízení na bázi počítače PC. Snímání hologramů se provádí černobílou CCD TV kamerou, která je připojena na AFG (Advanced Frame Grabber) firmy Imaging Technology uvnitř počítače PC. Karta AFG obraz digitalizuje a umožňuje provádět další operace s obrazovými daty s využitím jak svého procesoru, tak procesoru PC.

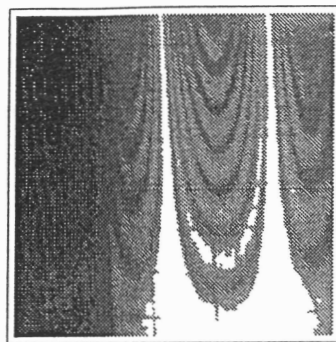
Po digitalizaci obrazu se nejprve filtrací odstraní šum pro zvýšení jeho kvality (lowpass, median, apod.). Dále je obraz binarizován (viz obr. 1). Binarizace je prováděna ve dvou stupních. Nejprve je vyrovnán jas metodou odečtu pozadí. Potom je obraz převeden na binární prostým prahováním. Binární obraz je použit pro trasování interferenčních proužků. Trasovány jsou hrany proužků, což je technicky jednodušší a výsledkem je vyšší rozlišení. Trasování se provádí po řádcích. Výhodou tohoto způsobu je, že obrazová data nemusí být najednou v paměti. Proužky jsou v současné době aproximovány přímkami, do budoucna se počítá s vyhlazením pomocí spline křivek. V další fázi se proužky poloautomaticky očísloují. V rastrové i vektorové formě lze obrazová data upravovat pomocí editorů. Takto získaná data je možno dále zpracovávat různým způsobem, podle povahy fyzikální úlohy. Např. trojrozměrně zobrazit deformace skořepiny (viz obr. 1) nebo získat řez zdeformovanou plochou v libovolném místě (viz obr. 2). Veškeré programové vybavení je vyvíjeno v jazyce C. Postup vyhodnocení interferogramu je ukázán na příkladu kmitání válcové skořepiny (obr. 1).

3. Aplikace na kmitání skořepinové nádoby

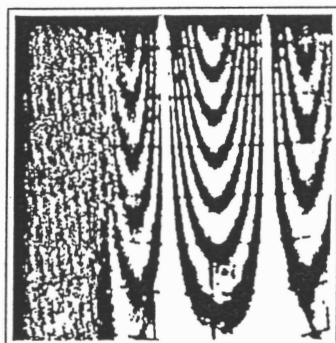
Popsaná metoda vyhodnocení hologramů byla aplikována na kmitání ocelové válcové skořepiny s vodou. Na obr. 2 jsou vyneseny dva různé tvary kmitání ($n=4$, $m=1$ a $n=5$, $m=2$)



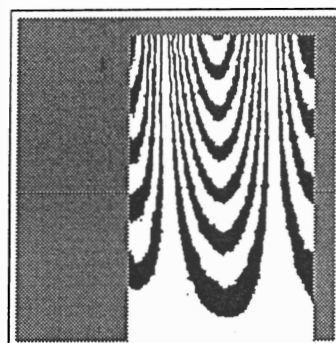
1. Výchozí fotografie



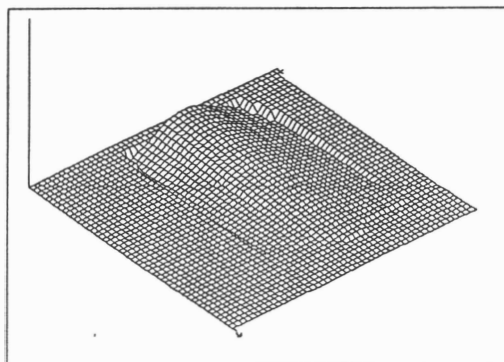
2. Po úpravách



3. Po binarizaci



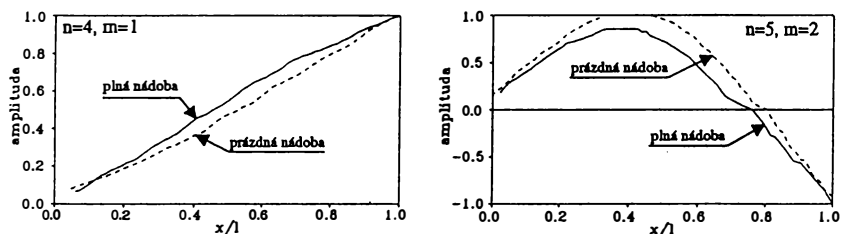
4. Po úpravě a s maskou



6. Výsledný profil získaný
po očíslování proužků

obr. 1 Příklad postupu počítačového vyhodnocení interferogramu.

pro skořepinu na vzduchu a pro skořepinu zcela naplněnou vodou. Tvary jsou znázorněny v podélném řezu skořepinou a normovány na maximální amplitudu. I přes patrný rozptyl hodnot, lze z obrázku usoudit, že tvary kmitání prázdné a plné nádrže se liší. Tzn., že ve fluideoelasticitě často používaná hypotéza o totožnosti vlastních tvarů kmitání poddajných těles ve vakuu a v kapalině není zřejmě dobře splněna zejména pro vyšší ($m = 2$) tvary kmitání skořepiny.



obr. 2. Tvary kmitání pro skořepinu na vzduchu a skořepinu zaplněnou vodou

4. Závěr

Uvedená metoda počítačového zpracování obrazu je použitelná i pro fyzikálně zcela jiný typ úloh, než je vyšetřování vlastních tvarů kmitání těles. Jedná se např. o vyšetřování statických deformací povrchů těles metodou moire-topografie, ve které je sice původ interferenčních proužků odlišný, ale princip jejich interpretace totožný s dynamickou holointerferometrií.

- [1] Horáček J., Trnka J., Veselý J.: Dynamic properties of a thin-walled cylindrical vessel filled with a liquid. J. of Czech and Slovak Mech. Engng., 1992, Vol. 1, No 2, 82-90
- [2] Horáček J., Trnka J.: Modal analysis and holointerferometry in studying the vibration of shells. In.: Proceedings of EAN'92, Prague, June 2-5, 1992, 77-80

Ing. Pavel Formánek, Ing. Jaromír Horáček, DrSc.,

Ústav termomechaniky AV ČR, Doležkova 5, Praha 8, 182 00,

Tel. 815 3892 nebo 815 3125, Fax: 858 4695