

Dvoupulzní elektronická korelační interferometrie pro analýzu vektorů posunutí bodů rázově zatížených pevných těles

Ing. Pavla Dvořáková

Školitel: Doc. Ing. Josef Zicha, CSc.

Studijní obor: Konstrukční a procesní inženýrství Zaměření: Přesná mechanika a optika



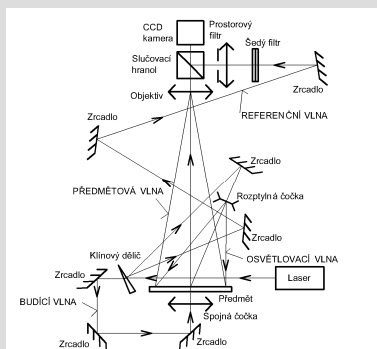
Ústav termomechaniky AV ČR, v.v.i.

Motivace a cíle práce

Experimentální získávání informací o vlastnostech materiálů a konstrukčních prvků je jedním ze základních úkolů experimentální mechaniky. Silným nástrojem experimentální mechaniky pro řešení problémů v mechanice tuhých těles jsou bezesporu optické interferometrické metody. Využití optických principů v měřicích metodách zaručuje bezkontaktnost, vysokou citlivost a širokou variabilitu měření. Předkládaná práce je zaměřena na rozpracování a následné použití optické metody - elektronické korelační interferometrie (EKI) při analýze napjatosti a deformací pevných těles. V rámci řešení problematiky byl navržen a ožkoušen EKI interferometr pro měření dynamických deformací tenkostěnných objektů. Studium nestacionárního stavu dynamické napjatosti si vyžádalo jak řešení problematiky synchronizace elektronického záznamu s rázovým zatížením, tak popis charakteristických vlastností rázového zatížení, které bylo realizováno soustředěním impulzu laserového záření na povrch zkoumaného povrchu. Pozornost byla rovněž věnována zpracování naměřených dat s cílem zautomatizovat proces výpočtu velikosti vektoru posunutí povrchových bodů zkoumaného předmětu.

Elektronický korelační interferometr

Optické uspořádání dvousvazkového interferometru pro měření normálového posunutí povrchových bodů difuzně odrazného předmětu metodou korelační interferometrie je na obr.1. Záznam dynamického přechodového jevu si vyžádalo použití pulzního laseru jako zdroje světla. Digitální obraz interferenčního jevu, výsledku interference referenční a předmětové vlny, je dále zpracováván.



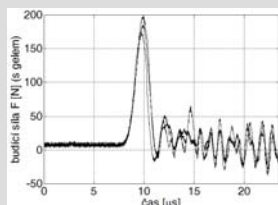
Obr.1 – Optické uspořádání elektronického korelační interferometru

Záznamový systém

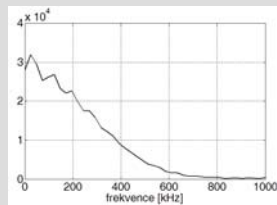
Součástí experimentální aparatury je kromě optického systému tzv. záznamový systém, který zajišťuje synchronizaci mezi záznamem interferenčního jevu a rázovým zatížením předmětu. Záznam dynamického přechodového jevu si vyžádal sestavení systému, který zajišťuje externí ovládní kontrolní jednotky pulzního laseru a závěrky kamery.

Rázové zatížení soustředěným laserovým svazkem

K vybuzení napěťové vlny bylo využito téměř 80% energie laserového svazku na budící vlna na obr. 1). Absorbci této energie dojde k odpaření části ozářeného materiálu a ke vzniku plazmy jejíž expanze vybudí napěťové vlny ve zkoumaném předmětu. Povrch ocelové desky byl ozářen soustředěným laserovým svazkem vlnové délky $\lambda=694\text{nm}$ po dobu 30ns. Soustředěním laserového impulzu na povrch předmětu lze generovat silový impulz (viz obr.2a) o amplitudě cca 180N a délce trvání cca 2 μs . Z frekvenčního amplitudového spektra (viz obr.2b) silového impulzu vyplývá, že významné frekvence jsou omezeny hodnotou 600 kHz.



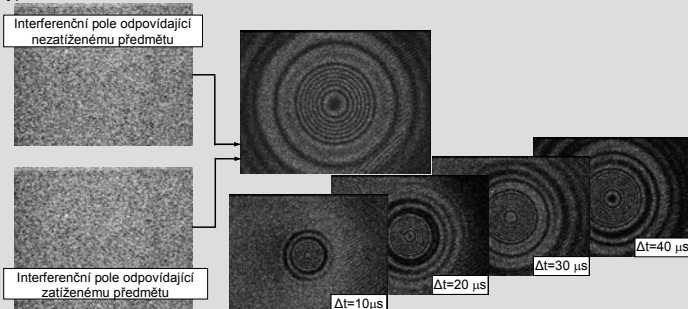
Obr.2a – Průběh rázové síly vybuzení soustředěním laserového svazku na povrch předmětu



Obr.2b – Amplitudové frekvenční spektrum rázového silového impulzu

Korelace naměřených dat

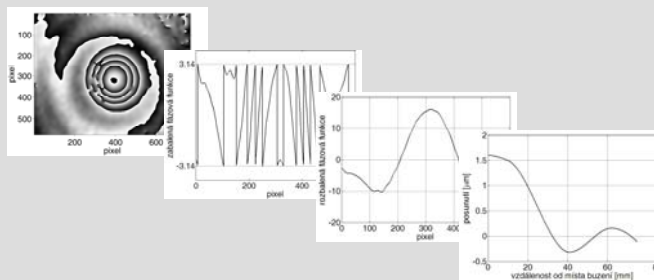
Přítomnost pole koherenční zrnitosti v procesu interference je charakteristickým rysem metod korelační interferometrie. Výsledný interferenční obrazec získaný interferencí pole koherenční zrnitosti a referenční hladké vlnoplochy (jako je tomu v uspořádání na obr.1) je pole koherenční zrnitosti s proměnlivou amplitudou i fází. Abychom získali pole korelačních proužků z obr.3, je nezbytné zaznamenat interferenční obrazec odpovídající nezatíženému i zatíženému předmětu. Korelací těchto obrazců dostáváme pole korelačních proužků, jejichž tvar a rozteč odpovídá typu a velikosti zatížení.



Obr.3 – Pole korelačních proužků pro zpoždění Δt od počátku rázu

Zpracování naměřených data

Výpočtu hodnot posunutí povrchových bodů předmětu předchází výpočet fázové funkce a její zabalení.



Obr.4 – Dvouřizměrná fázová funkce, zabalená fázová funkce, rozbalená fázová funkce, průběh posunutí povrchových bodů předmětu

Závěr

- Uspořádání optické interferometrické soustavy, ve které dochází k interferenci kulové hladké vlnoplochy s předmětovým polem koherenční zrnitosti, bylo determinováno zejména požadavkem na citlivost interferometru k normálovým složkám vektoru posunutí povrchových bodů.
- Hlavními důvody pro využití vysoké zářivé energie laserového svazku pro rázové zatížení předmětu je jak možnost synchronizace rázového zatížení se záznamovým systémem, tak i dostatečná velikost a reprodukovatelnost budící síly.
- Záznamový systém realizuje záznam dvou obrazů interferenční struktury v přesně definovaných časech a jejich uložení do paměti počítače. Jeho úkolem je zajistit přesnou návaznost událostí tak, aby závěrka kamery byla časově synchronizována s impulzem laserového záření.
- Uložené obrazy interferenční struktury bylo nezbytné kvantitativně zpracovat tak, abychom obdrželi hodnoty posunutí povrchových bodů předmětu. Vytvořený skript pracující v prostředí MATLAB realizuje algoritmus pro výpočet fázové funkce.

Výsledky disertační práce potvrdily perspektivu aplikace elektronické korelační interferometrie pro studium přechodových stavů pevných těles.

Literatura související s řešenou problematikou

1. Dvořáková, P., Bajgar, V., Trnka, J.: Dynamic Electronic Speckle Pattern Interferometry in Application to Measure Out-of-plane Displacement. Engineering Mechanics 14(1/2). 37-44. 2007.
2. Dvořáková, P., Bajgar, V., Trnka, J.: Vyhodnocení interferenčního pole elektronické korelační interferometrie. Dynamika strojů. Praha. 51-54. 2007.
3. Dvořáková, P., Bajgar, V., Trnka, J.: Vyhodnocení interferenčního pole elektronické korelační interferometrie metodou Fourierovy transformace. Jemná mechanika a optika 52(6): 190-193. 2007.
4. Dvořáková, P.: Detection and Measurement of Ttransient Motion Using Electronic Speckle Pattern Interferometry. Applied mechanics. 15-17. 2006.
5. Dvořáková, P., Bajgar, V., Trnka, J.: Dynamic Electronic Speckle Pattern Interferometry in Application to Measure Out-of plane Displacement. Dynamika strojů. Praha. 13-17. 2006.
6. Dvořáková, P., Bajgar, V., Trnka, J.: Pulsed Electronic Speckle Pattern Interferometry. Proceedings of Workshop. Praha. 62-65. 2006.