

POUŽITÍ SVĚTLOVODŮ PRO MĚŘENÍ DEFORMACÍ

Doc. Ing. Karel ZEHNUZA, CSc.

Vysoké učení technické, Brno

1.0 Úvod

Pro měření deformací se používá celá řada fyzikálních principů. Největší pozornost byla dosud věnována odporovým tenzometrům. Od počátku vývoje /Kelvin 1856/ bylo vypracováno velké množství židel a měřičů pro statická i dynamická měření. Z hlediska rozvoje této techniky můžeme uvést následující dělení:

1. generace - Odporové tenzometry, včetně foliových. Jejich vývoj je prakticky ukončen i když se dají očekávat lepší parametry v oblasti tenkých vrstev.

2. generace - Polovodišové tenzometry představují kvalitativně vyšší etapu ve vývoji. Lze očekávat nové polovodišové materiály, integrované snímače a pod. Jejich vývoj není prozatím ukončen.

3. generace - Světlovodné tenzometry představují novou generaci tenzometrů. Jejich rozvoj se teprve začíná. Jde o nich o využití deformace světlovodu se záměrem ovládat /modulovat/ světelný tok, který světlovodem prochází.

V dalším budou uvedeny základní vlastnosti světlovodů a možnosti jejich použití pro měření deformací.

2.0 Světlovodné židla [1]

Použití světlovodů pro přenos optických signálů představuje dnes oblast s nejvyšším stupněm rozvoje. V posledních letech se můžeme setkat s návrhy na využití světlovodů jako židel neelektrických veličin. Tato židla můžeme rozdělit do následujících skupin:

1. Židla transmisní
2. Židla reflexní
3. Židla interferenční.

U transmisního židla se působením měřené veličiny moduluje světlo a mění se jeho intenzita na výstupu. U reflexního židla se působením měřené veličiny mění reflektivita odrazné plochy a mění se intenzita světla. U interferenčního židla se působením měřené neelektrické veličiny ovlivňuje světelný signál a vyhodnocuje se interference tohoto signálu.

Světlovody dělíme podle průměru na:

1. Jednovidové - jádro má průměr o málo větší než vlnová délka záření /5 až 10 μm /.
2. Vícevidové - jádro má průměr větší než 50 až 100 μm . Ve světlovodu se šíří velké množství vidů. Pro vyhodnocení signálu se nedá využít interference.

Světlovodem prochází světelný paprsek, který lze modulovat v těchto jeho vlastnostech:

- | | |
|---------------|--------------------------------|
| a/ intenzita | d/ vlnová délka |
| b/ fáze | e/ spektrální rozložení svazku |
| c/ polarizace | paprsků. |

V současné době se zkouší principy židel deformace, síl, tlaků, momentu kroucení, zrychlení, vibrací, teploty, gyro-skopy, průtokoměry a další.

3.0 Světlovodná židla deformace

Pro měření mechanických napětí a deformací byla zkoušena židla jak s jednovidovými tak s vícevidovými světlovody. U židel s jednovidovým světlovodem bylo odzkoušeno natáčení roviny polarizace vlivem dvojlohu při deformaci světlovodu. [2], [3] Příčná deformace vyvolá ve vláknu dvojlohu a ten způsobí natáčení roviny polarizace světelného paprsku. Tento princip byl úspěšně ověřen [2] na jednovidovém vlákně o průměru 4 μm /plášť 80 μm /.

Stejně tak byl odzkoušen fázový posun světelného paprsku ve světlovodu způsobený jeho deformací. Tato deformace způsobí změnu délky optické cesty světelného paprsku ve světlovodu. Měření bylo provedeno interferenční metodou. Naměřená rozlišovací schopnost byla 0,4 μm . [3] Jiným typem inter-

ferometru bylo dosaženo rozlišovací schopnosti 10 až 40 nm. V tomto případě je třeba uvažovat výrazný vliv teploty.

Zajímavější z hlediska skutečných aplikací jsou čidla deformace s vícevidovým vláknem. Jde především o změnu intenzity světla změnou indexu lomu při deformaci světlovodu. [2] Je-li plášť jádra více stlačitelný než jádro z křemenného skla, vyvolá tlak větší vzrůst indexu lomu pláště než jádra, tím vzroste kritický úhel na styku jádra s pláštěm a část světla vedeného jádrem se ztratí. Pro nedostatek údajů o fotoelastických vlastnostech povlakové vrstvy při deformaci nelze jev řešit analyticky. Tento jev byl ověřen se světlovodem o průměru jádra 50 μm , plášť 200 μm . Na tyč bylo navinuto 10 závitů. Tyč byla sevřena mezi dvěma kovovými deskami. Z grafu vyplývá, že pro zmenšení intenzity světla na polovinu je třeba tlaku asi 30 N/mm².

V předchozím uvedený jev byl experimentálně ověřován se světlovodem PCS 200/380 μm /vnější ochrana polyethylen/, který byl vyroben ve VÚKÍ. Světlovod byl stlačován mezi dvěma kovovými planoparalelními deskami o různé délce. Lze konstatovat, že charakteristika je obdobná jako při experimentu podle [2]. Hystereze při měření byla menší než 3%. Reprodukovatelnost měření byla velmi dobrá.

4.0 Zhodnocení

Záměrem práce bylo provést rozbor možností využití světlovodů pro měření deformací. Zhodnotit současný stav a ověřit některé principy experimentálně. Při této práci bylo dosaženo některých pozoruhodných výsledků. Jak průzkum, tak experimenty dávají reálnou naději pro úspěšné využití světlovodů především pro dynamické měření deformací /ultrazvuková emise ap./

Literatura:

- [1] Culshaw, B.: Optical Fibre Transducers and Applications. Senzor 82, University College, London.
 - [2] Cielo, P. - Lapiere, J.: Fiber - Optic Ultrasound Sensing for the Evalnation of Materials. Applied Optics, 21, 1982 čís. 4.
-