



**Experimentální Analýza Napětí 2001**

Experimental Stress Analysis 2001

**39<sup>th</sup> International Conference**

June 4 - 6 , 2001 Tábor, Czech Republic

## **PROBLEMS OF STUDY A LITTLE DETAILS IN PHOTOELASTICITY**

### **PROBLEMATIKA POZOROVANIA MALÝCH DETAILOV VO FOTOELASTICIMETRII**

Jozef KOČAN, Oskar OSTERTAG, Peter SIVÁK

*This paper deals with a problems of study a little details in photoelasticity, with a rise a shade effect by using a classical reflect photoelasticity and with problem of illumination a little details by using of this method. Paper shows ways of solving this problems using a plane photoelasticity or using of reflex photoelasticity with a mirror-type beamsplitters.*

**Key words:** photoelasticity, little details, beamsplitters

Zisťovanie stavu napätosti malých detailov konštrukcie (o veľkosti niekoľko mm), najmä v okolí koncentrátorov napätia prostredníctvom fotoelasticimetrie naráža na závažný problém, spočívajúci v určitom stupni skreslenia pri registrácii izoklín a izochromát pozorovateľom alebo pri zázname na pamäťové médium.

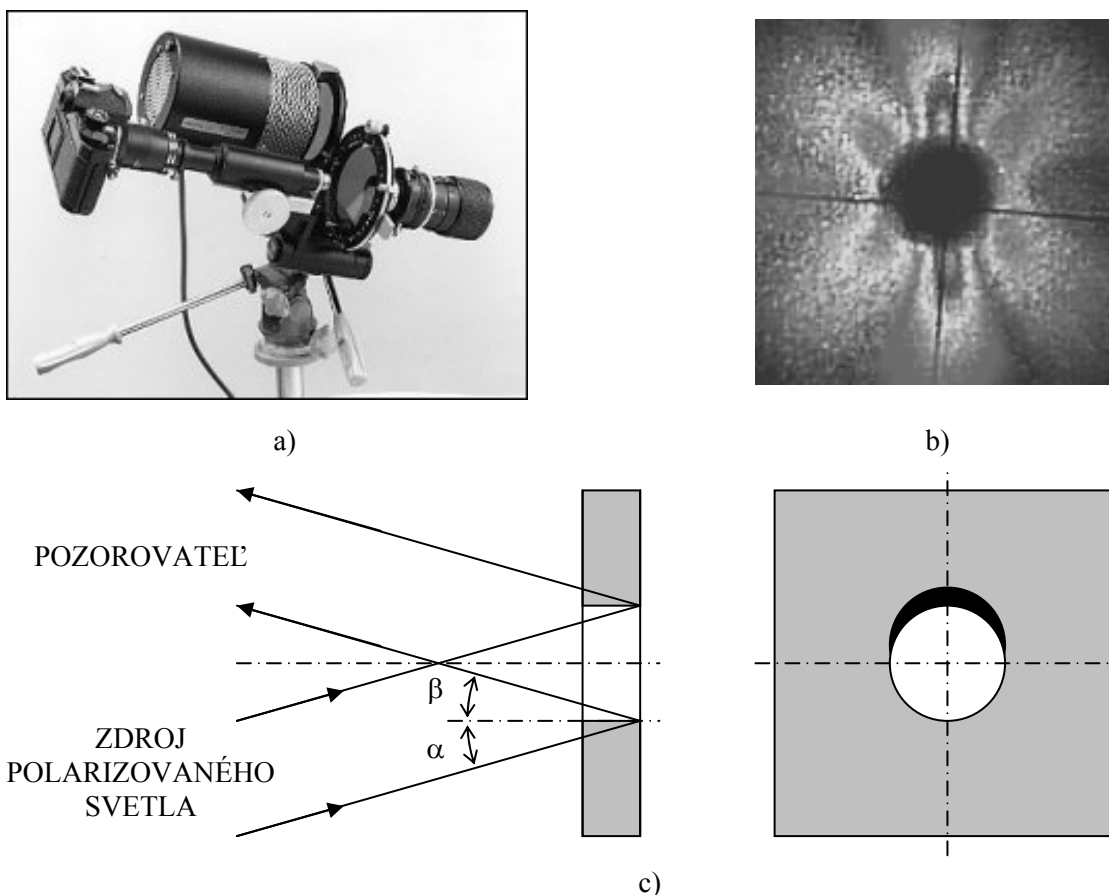
Viaceré firmy, špecializujúce sa na oblasť zisťovania polí deformácií a napätí optickou cestou, ponúkajú vlastné riešenia problému. Napríklad firma Measurements Group poskytuje k polariskopu MODEL 030 optický prístroj – telemikroskop, zložený z mikroskopu a objektívu s možnosťou pripojenia fotoaparátu na zaznamenávanie obrazcov (obr. 1 a). Problémom pri tomto spôsobe je skutočnosť, že svetelný lúč dopadá pod uhlom  $\alpha$  a odráža sa pod uhlom  $\beta$  (obr. 1 b). Pre pozorovanie týmto prístrojom je optimálna vzdialenosť polariskopu od skúmaného objektu 1 m, kedy sú uhly dopadu a odrazu rovné približne  $6^\circ$ . Rozdiel v dráhach lúčov pri dopade kolmom a šikmom je asi 0,1 %, čo v porovnaní s inými chybami merania možno považovať za zanedbateľné. Väčším problémom je skreslenie a posun optických polí v dôsledku šikmého dopadu svetla. Tento posun je približne 10 % z hrúbky použitej opticky citlivej vrstvy. Vzhľadom na charakter celého zariadenia, kedy dráhy lúčov dopadajúceho a odrazeného svetla nie sú totožné, vzniká v tesnej blízkosti otvoru alebo výrezu, teda v mieste s koncentráciou napätia „tieňový efekt“. Napríklad pri kruhovom otvore s priemerom 0,5 mm a hrúbke opticky citlivej vrstvy 1 mm vzniká tieň v podobe „polmesiaca“ s posunom smerom k pozorovateľovi približne o 0,1 mm.

---

Ing. Jozef KOČAN, Katedra aplikovanej mechaniky, Strojnícka fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Letná 9, SR, E-mail: [kocan@pobox.sk](mailto:kocan@pobox.sk)

Ing. Oskar OSTERTAG, Katedra aplikovanej mechaniky, Strojnícka fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Letná 9, SR, E-mail: [oskar.ostertag@post.sk](mailto:oskar.ostertag@post.sk)

Ing. Peter SIVÁK, Katedra aplikovanej mechaniky, Strojnícka fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Letná 9, SR, E-mail: [sivak@tuke.sk](mailto:sivak@tuke.sk)



Obr. 1

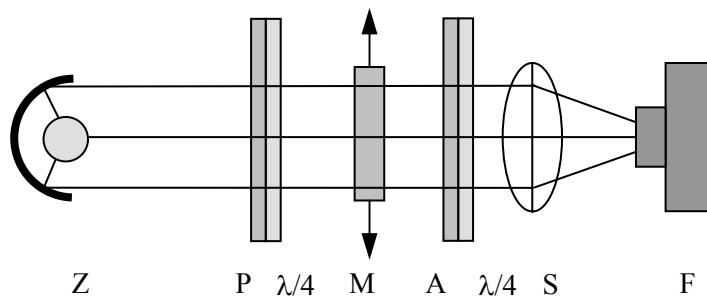
- a) Reflexný polariskop MODEL 030 od fy. Measurements Group s telemikroskopom a fotoaparátom na zaznamenávanie optických polí,
- b) detail izochromát a tieňa v okolí otvoru s priemerom 0,5 mm, pri hrúbke opticky citlivej vrstvy 1 mm,
- c) schéma dopadajúcich a odrážajúcich sa šikmých lúčov v blízkom okolí otvoru a vznik tieňa v podobe polmesiaca.

Spomínané optické skreslenie, vzhľadom na požadovaný stupeň presnosti výsledkov pri zisťovaní stavu deformácií a napätí v blízkom okolí koncentrátorov napätia, nemôže byť zanedbateľné. Spôsob ako vyriešiť tento problém je prispôbiť konštrukciu polariskopu tak, aby dopadajúci aj odrážaný lúč mali dráhy kolmé k rovine skúmaného elementu. Dá sa to uskutočniť dvoma spôsobmi:

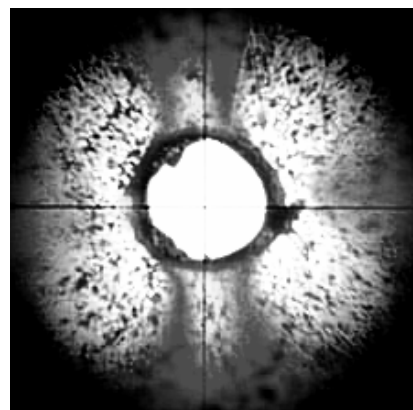
- Fotoelasticimetriou s priechodzím svetlom,
- reflexnou fotoelasticimetriou s kolmým dopadom svetelných lúčov.

Ďalším problémom pri snímaní malých detailov je intenzita osvetlenia. Ak použijeme štandardný zdroj z polarizačnej zostavy je intenzita osvetlenia nepostačujúca a zachytené obrazce sú tmavé, ako je zrejmé z obr. 1 b).

Pri fotoelasticimetrii s priechodzím svetlom prechádza svetelný lúč kolmo cez model vyrobený z opticky citlivého materiálu. Aj pri tomto spôsobe je na snímanie malých detailov potrebné použiť zväčšovacie zariadenie napr. telemikroskop. Svetelné obrazce sú sýte a jasné, ak je intenzita osvetlenia dostatočná (obr. 2b). Nevýhodou takého usporiadania je možnosť zisťovania stavu deformácií a napätosti iba na modeloch a nie na reálnych súčiastkach, čo v praxi znamená časovo i finančne náročné riešenie.



a)



b)

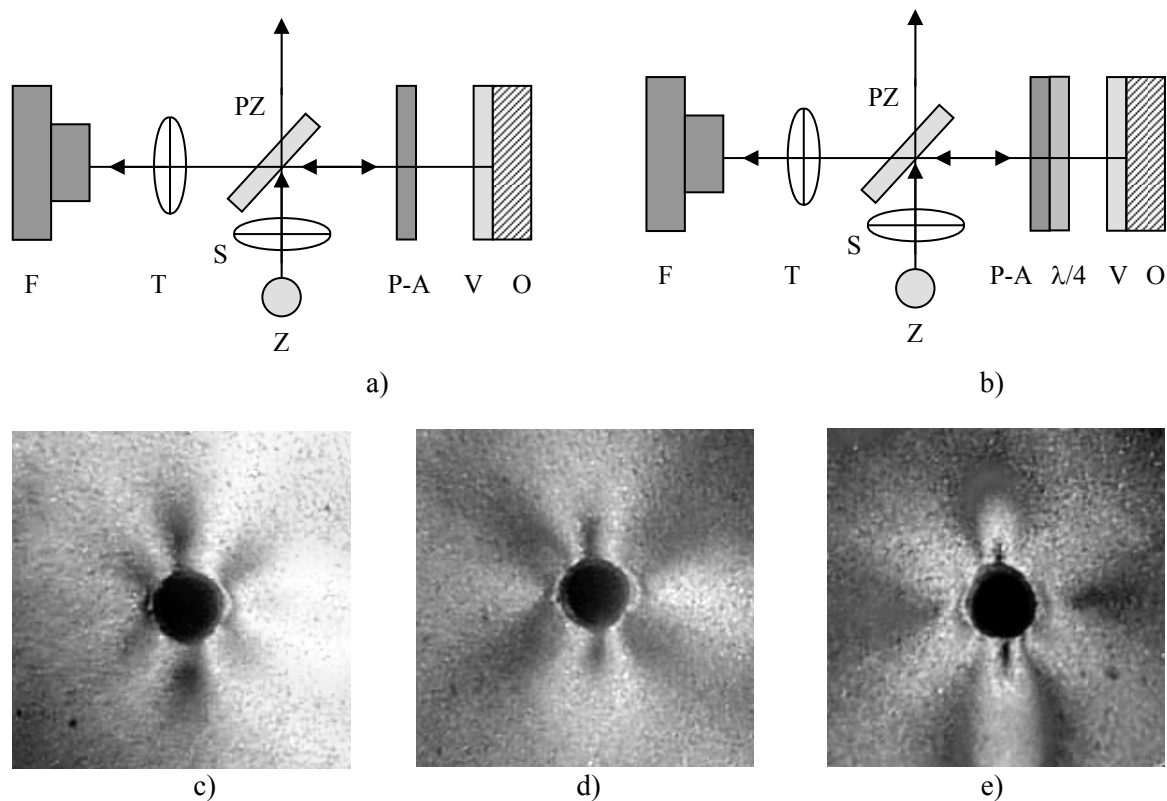
Obr. 2

- a) Schéma polariskopu s kruhovou polarizáciou svetla pre priechodnú fotoelasticimetriu, Z – zdroj svetelných lúčov, P – polarizátor,  $\lambda/4$  – štvrtvlnová doska, M – skúmaný diel (model), A – analyzátor, S – zväčšovacie zariadenie, F – prístroj na zaznamenávanie fotoelasticimetrických obrazov (fotoaparát, kamera atď.),  
 b) fotografia získaná pomocou priechodnej fotoelasticimetrie (priemer diery je 0,5 mm).

Ak je potrebné určovať deformačné a napät'ové pomery v okolí koncentrátorov napätia na reálnych súčiastkach s výhodou sa používa metóda reflexnej fotoelasticimetrie s kolmým dopadom svetla (obr. 3). Najjednoduchšie usporiadanie polariskopu tohoto typu je znázornené na obr. 3 a.

Pri tomto usporiadaní polariskopu sa používa polopriepustné zrkadlo. Svetelný lúč, ktorý vychádza zo zdroja svetelného žiarenia je upravený vhodným optickým členom a následne je rozdelený polopriepustným zrkadlom na dve zložky. Jedná zo zložiek prechádza zrkadlom v nezmenenom smere a druhá, odrazená zložka svetelného lúča prechádza polarizačným filtrom, ktorý slúži ako polarizátor. Po prechode opticky citlivou vrstvou, odraze od reflexnej vrstvy a spätnom prechode po tej istej osi lúč prechádza polarizačným filtrom, ktorý pri spätnom prechode slúži ako analyzátor. Potom sa lúč opäť rozdelí na dve zložky. Pre nás je významná zložka prechádzajúca v nezmenenom smere. Táto zložka následne prechádza cez zväčšovacie zariadenie aby bola následne zachytená záznamovým zariadením. Je vhodné upozorniť na skutočnosť, že na tento účel je optimálne použiť polopriepustné zrkadlo, ktorého pomer prepusteného a odrazeného svetla je 50 / 50 (vyjadruje sa v %). Použitím zrkadiel iných parametrov sa dosiahne menší svetelný tok pri vstupe do záznamového zariadenia. Je potrebné si všimnúť, že k záznamovému zariadeniu sa dostane iba maximálne štvrtina svetelného toku vysielaného zo zdroja. Preto je potrebný pomerne výkonný zdroj svetelného žiarenia, ktoré je dodatočne upravené. Problémom pri tomto usporiadaní polariskopu sú svetelné odrazy z druhej strany zrkadla, čo sa dá eliminovať použitím vhodne usporiadaných podložiek absorbujúcich svetelné žiarenie.

Polariskopom usporiadaným podľa obr. 3 a je možné pozorovať izochromaty a tiež aj izoklíny. Ak je potrebné aby pri pozorovaní obraz izochromát nebol rušený izoklínami, použije sa usporiadanie podľa obr. 3 b. Tu je ešte navyše do zostavy zaradená medzi polarizačný filter a model štvrtvlnová doska čím dosiahneme emitáciu kruhovopolarizovaného svetla.



Obr.3

- a) polariskop s lineárnou polarizáciou svetla s kolmým dopadom lúča,  
 b) polariskop s kruhovou polarizáciou svetla s kolmým dopadom lúča,  
 Z – zdroj svetla, S – šošovka zabezpečujúca úpravu svetelného lúča, PZ – polopriepustné zrkadlo, PA – polarizačný filter slúžiaci ako polarizátor a súčasne aj ako analyzátor, V – opticky citlivá vrstva, O – skúmaný objekt, T – zväčšovacie zariadenie (telemikroskop alebo objektív), F – záznamové zariadenie (fotoaparát, kamera ...),  $\lambda/4$  – štvrtvlnová doska.  
 c), d), e) obrázky izochromát pri rôznom zaťažení skúmaného elementu získané pomocou polariskopu usporiadaného podľa obr. 3 b.

Poznámka: obrázky izochromát sú získané pomocou digitálneho fotoaparátu a následne upravené v grafickom editore do podoby vhodnej pre čiernobielu laserovú tlač.

### Použitá literatúra:

- [1] BURGER, Ch. P. Photoelasticity, KOBAYASHII, A. S.: Handbook on Experimental Mechanics SEM, Bethel, 1993.  
 [2] KOČAN, J.: Kombinovaná metodika určenia polí deformácií a napätí s využitím metódy Photostress a metódy odvrátavania. Písomná práca k dizertačnej skúške, 1999.  
 [3] TREBUŇA, F. – BIGOŠ, P.: Intenzifikácia technickej spôsobilosti ťažkých nosných konštrukcií. Viena, Košice, 1988.