

PEVNOSTNÍ ANALÝZA SVAŘOVANÉ KOMŮRKOVÉ KONSTRUKCE POMOCÍ VELKOPLOŠNÝCH REFLEXNÍCH FÓLIÍ

Doc. Ing. Stanislav Holý, CSc.^{1/}, Ing. Jindřich Kratěna, CSc.^{2/},
Ing. Marie Kratěnová, CSc.^{3/}, Ing. Bedřich Šulc, CSc.^{1/}

1/ Fakulta strojní ČVUT, Praha

2/ Ústav teoretické a aplikované mechaniky ČSAV, Praha

3/ Fakulta stavební ČVUT, Praha

Při řešení problému určení spolehlivosti a životnosti nově navržené ocelové konstrukce komorového tvaru bylo nutno najít a posoudit místa, kde mohou vzniknout velké koncentrace napětí s možností vzniku trhlin a tím i dalšího porušení konstrukce. Řešitel prováděl výzkum nejprve tenzometricky, kdy se na základě zkušeností vytypovala místa, kde lze očekávat velká napětí. Potom jsme byli požádáni, abychom polepením části konstrukce velkoplošnými opticky citlivými fóliemi ověřili napjatost a původní výsledky metodou reflexní fotoelasticimetrie. Při měření se ukázala její největší výhoda, která spočívá v tom, že umožňuje najít místa maximálního smykového napětí a gradientu napětí. Tato místa nescouhlasila v některých případech s předem vytypovanými oblastmi.

Protože pro přípravu i měření bylo vyhrazeno pouze několik dní, bylo nutno předem důkladně promyslet celý postup.

Jako materiál pro polepení konstrukce byl zvolen Araldit B. Při volbě tloušťky vrstvy jsm² se museli rozhodnout mezi 2 a 6 mm, neboť jiné tloušťky nebyly k dispozici. Zvolili jsme tloušťku 6 mm, což se vzhledem k tloušťce materiálu konstrukce 10 mm při měření plně osvědčilo. Výrobce Dipl.-Ing. D. Tiedemann uvádí tyto vlastnosti Aralditu B při 20° C: optická citlivost (dle značení výrobce) $S = 105$ N/cm, K-faktor pro opticky citlivé vrstvy $K = 0,15$, modul pružnosti $E = 3$ GPa, počet řádů dosažitelných na 1 cm tloušťky $\Delta = 38$.

Je třeba zdůraznit, že dokonalé nalepení citlivé vrstvy je základním předpokladem pro úspěšné měření. Práce byla organizována tak, že nejprve se zhotovila papírová šablona, podle níž se ořezovaly aralditové desky. Ty se pak přiloží-

ly na pečlivě obroušený povrch ocelové konstrukce, přičemž se případné nedodělky ve tvaru dokončily. Lepení se provádělo ve třech dnech epoxidovou pryskyřicí ChS - 1200 s tužidlem P 1. První den se polepily obě boční strany konstrukce, druhý den spodní strana a nakonec horní strana. Abychom se vyvarovali vzniku bublin, bylo nutno nešetřit lepidlem, jehož přebytky pak vytékaly po okrajích přilepované desky. Během tvrdnutí lepidla byly reflexní fólie dotlačovány ke konstrukci gumovými pásy. Obroušená plocha konstrukce perfektně odrážela dopadající polarizované světlo, takže nebylo nutno použít reflexního plnidla do lepidla. Po zatvrdnutí lepidla byla na fólie ocelovou jehlou narysována síť 2,5 x 2,5 cm, která sloužila pro zakreslení izochromat. Tím byla konstrukce připravena pro měření. Přilepení bylo velmi kvalitní a prakticky úplně bez bublin.

Pro vlastní měření byla vyhrazena doba pouze 2 dny. Proto jsme použili dvou souprav reflexních polariskopů Photolastic Inc. V jednom byla originální žárovka 150 W, v druhém náhradní žárovka Tungstram 150 W bez vnitřního zrcadla. Pro vlastní měření bylo světlo náhradní žárovky dostatečné, pro fotografování izochromat se mohl použít jen polariskop s originální žárovkou.

Bylo vyšetřováno celkem 7 zatěžovacích stavů. Konstrukce byla zatěžována sváse, vodorovně a kromě toho byl realizován pokles podpor. Při každém zatěžovacím stavu se zakreslovaly a fotografovaly izochromaty a určovala se místa s maximálními koncentracemi napětí. Největší naměřený dvojnásobek byl $\Delta = 9$.

Pro určení velikosti měřených napětí uvedeme základní vztahy mezi napětími a vlastnostmi materiálů konstrukce (součástí) a opticky citlivé vrstvy. Označíme-li součást indexem s a vrstvu indexem v, pak rozdíl hlavních napětí v součásti je

$$\sigma_{1s} - \sigma_{2s} = \frac{E_s}{E_v} \frac{1 + \mu_v}{1 + \mu_s} \frac{K_v \cdot \Delta}{2t_v}, \quad (1)$$

kde

E = modul pružnosti

μ = Poissonovo číslo

K_v = optická citlivost vrstvy (N/mm)

Δ = naměřený dvojlom

t_v = tloušťka vrstvy

V rovnici (1) však neznáme přesnou hodnotu μ_s , neboť výrobci ji neuvádějí. Rovnici (1) můžeme napsat ve tvaru

$$\mathcal{G}_{1s} - \mathcal{G}_{2s} = \frac{E_s}{1 + \mu_s} \cdot f \cdot \Delta, \quad (2)$$

kde

$$f = \frac{\lambda}{2t_v \cdot c} \quad (3)$$

Protože pro měření na oceli je $\frac{E_s}{1 + \mu_s} = 162 \text{ GPa}$, je při použití bílého světla (vlnová délka $\lambda = 57,5 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$) tloušťce vrstvy $t_v = 0,6 \text{ cm}$ a materiálové konstantě $c = 0,15$ (výrobci ji označují obvykle K)

$$\mathcal{G}_{1s} - \mathcal{G}_{2s} = 51,75 \cdot \Delta / \text{MPa}/. \quad (4)$$

Pro $\Delta = 9$ je $\mathcal{G}_{1s} - \mathcal{G}_{2s} = 465,75 \text{ MPa}$, což je hodnota překračující hodnotu plynoucí z podmínky plasticity pro uvažovaný materiál. Po odlehčení se v nejvíce exponovaných místech projevila zbytková deformace, jejíž hodnota prakticky odpovídá zbytkové deformaci indikované reflexní vrstvou.

Výsledky měření již jenom v kvalitativní formě poskytl řešitelům zpřesněné informace pro výběr míst při tenzometrickém měření pro statický způsob zatěžování složitým způsobem. Pro dynamický způsob zatěžování je možno tato místa považovat za místa hodná zvláštního zřetele.

Literatura:

- /1/ Zandman F., Redner S., Dally J. W.: Photoelastic coatings. SESA Monograph No. 3, 1977.