

MODERNÍ METODY ZJIŠŤOVÁNÍ NAMÁHÁNÍ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ STROJŮ

Ing. Břetislav Lyněř

Katedra stavebních transportních strojů

Strojní fakulta VUT v Brně

V technické praxi se často setkáváme s požadavky řešit velmi složité problémy pružnosti a pevnosti mezi které patří i problematika určení přetvoření a napjatosti v rámech a ocelových konstrukcích zemních, stavebních a transportních strojů. Při použití matematického modelu jsme často nuceni s ohledem na realizace schopné výpočtové metody a dostupnou výpočetní techniku pracovat s určitými zjednodušujícími předpoklady. Výsledky dosažené matematickou cestou pak mohou být značně odlišné od skutečnosti.

V takových případech je vhodnější použít pro řešení model experimentální. Použití experimentálního modelu může být v mnoha případech dokonce jediným možným způsobem řešení.

Na katedře stavebních a transportních strojů strojní fakulty VUT v Brně byl pro potřeby průmyslu řešen pevnostně nakládací mechanismus a rám nakladače UNC-060. Zatímco nakládací mechanismus bylo možné matematicky řešit metodou konečných prvků (290 deformačních neznámých), bylo rozhodnuto zkoumat rám stroje experimentálně. Jedná se o prostоровou konstrukci se složitými výztuhami. Pro větší objektivnost bylo použito několika metod.

1. Odporová tenzometrie

Eyl vyroben přesný model rámu a nakládacího mechanismu včetně lopaty. Na model bylo nalepeno 24 tenzometrů

Hottinger typ 3/120 a 6 pravouhlých růžic Mikrotechna typ RC 120. K měření byla použita aparatura Mikrotechna TSA 63 se zapisovací a děrovací soupravou. Zatěžování modelu bylo prováděno pomocí lanek a závaží.

Srovnáním s ostatními metodami lze hodnotit tenzometrickou metodu jako velice přesnou, jejíž přesnost závisí zejména na kvalitě použitých tenzometrů.

Závažným nedostatkem metody je to, že tenzometry jsou obvykle umísťovány na model či na prototyp stroje náhodně na základě zkušeností a konstruktérského citu. Často v místech největších namáhání nebo v místech koncentrací napětí není umístěn tenzometr žádný. Metodě by mělo předcházet "zmapování" konstrukce metodou křehkých laků, fotoelasticimetrie, apod.

2. Reflexní fotoelasticimetrie

Byl vyroben pouze model rámu nakladače. Pro stanovení polohy nakládacího mechanismu byly od síly na lopatě vyřešeny silové účinky na rám v místech čepů výložníku a hydraulických válců. Zatěžování bylo prováděno pomocí lanek a dynamometrů Hottinger a měřících aparatur KWS/11-5 Hottinger. Pro vlastní měření byl použit reflexní polariskop model 031, doplněný kompenzátorem model 232 a digitálním elektronickým kompenzátorem model 532. Pro separaci hlavních napětí sloužil adapter model 033. (Vše fy Vishay).

Ve srovnání s klasickou fotoelasticití má reflexní metoda řadu výhod. Není třeba pracovat s průhledným modelem. Je možné pracovat přímo s prototypem stroje nebo s jeho modelem ocelovým nebo z jiného neprůhledného materiálu.

Ve srovnání s metodou tenzometrickou lze konstatovat, že fotoelasticimetrie "ukáže" spojitý obraz toku napětí na povrchu součástí. Pokud byly tenzometry nalepeny do správných míst, pak se obě metody shodují v určení míst největších napětí. Velikosti napětí v odpovídajících bodech modelu, měřené oběma metodami, jsou někde téměř shodné, někde se shodují jen co do řádové velikosti.

3. Koherentně optické metody

V posledních letech byla provedena řada měření pomocí holografické interferometrie, která v dosud nedosažitelné čistotě ukazuje přetvoření mechanicky zatížené součásti. Přesto se holografická interferometrie mimo laboratorů ještě neprosadila, neboť při holografické práci jsou kladeny vysoké požadavky na stabilitu uložení a vysoce citlivé fotoemulze.

Tyto požadavky částečně splňuje níže popsaná metoda, neboť je jednodušší a odpadá kritický požadavek na konstantní fázový poměr mezi holografickou referenční vlnou a vlnou objektu. Metoda je založena na granulaci /vzniku skvrnek/ a je dalším vývojovým stupněm fotografických Fourierových metod k bezdotykovému měření přetvoření.

Obraz difuzně světélkujícího tělesa, osvětleného koherentním světlem laseru, vykazuje zrnitou strukturu, tzv. granulaci (skvrnky).

Když se posune (deformuje) koherentně osvětlené těleso, pak se současně pohybuje vzor skvrnek jako celek. Posunutí jednotlivých bodů obrazu odpovídá přemístění jednotlivých bodů na předmětu.

Burch a Tokarski udávají jednoduchou a elegantní metodu k měření těchto posunutí. [3] Posunutí (či přetvoření) mohou být měřena tak, že se předmět osvítl pomocí laseru, vyfotografuje se kamerou ve stavu nezatíženém a ve stavu zatíženém a dvojité exponovaný negativ se po vyvolání znovu osvítl pomocí tenkého rovnoběžného paprsku laseru. Vzniklý obraz ohybu (difrakce), který vznikl v ohniskové rovině spojné čočky, ukazuje opět skvrnky s dodatečnou osnovou rovnoměrně vzdálených proužků. Ze vzdálenosti proužků Δ může být potom stanovena komponenta $\vec{d}_1$, ležící v rovině kolmé k optické ose. Platí

$$|\vec{d}_1| = \frac{r \cdot \lambda}{\Delta \cdot \gamma}$$

kde značí λ - vlnová délka světla laseru

f - ohnisková vzdálenost čočky

γ - měřítko zobrazení

Δ - vzdálenost proužků

Posunutí $\vec{d}$ je orientováno kolmo ke vzoru proužků, ale jeho směr nelze udát.



Směr lze obvykle s určitostí odhadnout z technické podstaty zatížení tělesa.

Když se pokračuje při zkoumání negativu v normálním směru k proužkům, pak lze vypočítat z délky kroku ds a ze změny vzdálenosti proužků přímo prodloužení, resp. napětí.

$$\epsilon_1 = \gamma \cdot \frac{d(d_1)}{ds}; \quad \sigma_1 = E \cdot \epsilon_1$$

Derivujeme-li po osách x a y , získáme hodnoty ϵ_x a ϵ_y , resp. σ_x a σ_y .

Autor příspěvku ve spolupráci s RNDr. Jiřím Světlíkem z katedry fyziky strojní fakulty VUT v Brně vyhodnotil na modelu rámu nakladače UNC-060 posunutí bodů na bočnici rámu. Začátkem roku 1981 bude v práci pokračováno a cílem bude vypracovat jednoduchou metodu výpočtu napětí.

Po nahrazení grafického derivování vhodně sestaveným programem pro samočinný počítač by se jevila skvrnková metoda jako velice rychlá a vhodná pro praktické využívání.

Literatura :

- [1] U. Köpf, Optik 33 (1971) 517
- [2] U. Köpf, Optik 2 (1972) 144
- [3] J. K. Burch and J. M. J. Tokarski, Opt. Acta 15 (1968) 101