

E **A** **N** **xperimentální Analýza Napětí** **2003**

PROBLEMS OF STRAIN GAGE MEASUREMENTS ON COMPOSITES

PROBLÉMY TENZOMETRICKÝCH MĚŘENÍ NA KOMPOZITNÍCH MATERIÁLECH

Stanislav Holý¹, Jaroslav Václavík², Karel Vítek, Otakar Weinberg

Composite materials used in structural design have besides many advantages, as high strength and stiffness together with low mass [1], [2] also some problems [3], [4] due to anisotropic properties not only in mechanical mean but also in thermodynamic ones. When we neglects in experimental stress analysis the differences between isotropic and orthotropic material properties we may receive surprising, unusua land incorrect results. The most applied method used in experimenal structural analysis is strain gage technology. It is necessary to take in account all boundary conditions of the examined structure, right selection of gage type [5], [6], right application techniques and right processing of the measured data for evaluation of strains and stresses in the examined composite structure. Many papers have been presented [1] but till today we sometimes meet errors disvaluating complicated and expensive experiments. Following lines try to warn of causes of those errors and try to show where to await them and how to fight against them [14].

Keywords

experimenal structural analysis, strain gage, composite materials

Úvod

Kompozitní materiály vykazují kromě řady výhod jako je vysoká poměrná pevnost a tuhost [1], [2] některé problémy [3], [4] v důsledku svých anizotropních vlastností jak mechanických tak i termodynamických. Zanedbáme-li tato specifika kompozitů oproti izotropním materiálům, pro které jsou k dispozici jak HW tak i SW nástroje, dostaneme nesprávné výsledky. Při použití nejběžnější metody – tenzometrické, je nutno uvážit všechny podmínky jak vyšetřované struktury, tak i použité experimentální metody, jako je výběr typu tenzometru [5], [6], příslušný postup aplikace, napájení a vyhodnocení naměřeného signálu pro určení deformace a napjatosti. Celá řada materiálu byla publikována na toto téma, ale stále se ještě

¹ Prof. Ing. Stanislav Holý, CSc. , Ing. Karel Vítek, CSc. – ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky, Technická 4, 166 07 Praha 6, tel: +420-224352510, email: Stanislav.Holy@fs.cvut.cz ,

² Ing. Jaroslav Václavík, Ing. Otakar Weinberg – ŠKODA Výzkum s.r.o., Tylova 57, 316 00 Plzeň, tel.: +420-378044723, email: Otakar.Weiberg@skoda.cz

setkáváme s hrubými prohřešky znehodnocující často komplikované a nákladné experimenty. Předkládaný materiál shrnuje doporučení pro výběr tenzometru a jeho aplikaci.

Výběr tenzometru

Sledujme parametry tenzometru, mající vliv na jeho výstup:

- a) délka, tvar a materiál mřížky tenzometru, udávající podélnou a příčnou citlivost tenzometru na vnesenou deformaci v podélném směru;
- b) samokompenzační schopnost vůči teplotě;
- c) aplikace tenzometru na povrch součásti s uvažováním směrových odchylek.

Vzhledem k nízké tepelné vodivosti naprosté většiny kompozitů představuje tenzometr výrazný zdroj tepla, které může ovlivnit mechanické vlastnosti některých materiálů matric. proto je naprosto nezbytné použít tenzometry s vyšší základní odporovou hodnotou [5] ($R = 1$ a více $k\Omega$), dávající při stejném napájení nižší tepelné zatížení povrchu vyšetřované součásti. U izotropních materiálů vliv vnější teploty na výsledný signál je silně potlačen příslušnou samokompenzační schopností tenzometru. U kompozitů je ale roztažnost směrovou funkcí a proto se doporučuje použít tenzometrů s co nejnižším T-C číslem [5] nebo udržovat teplotní podmínky v přijatelném rozsahu chybového signálu [9]. Při rychlých změnách teploty je jedinou možností kompenzace vlivu teploty pomocí plné kompenzace, což naráží na problémy úplné podobnosti materiálu, geometrie i teploty [14]. Teoreticky orientované práce [3], [10] byly ověřeny experimenty na kompozitu uhlík-epoxy [11], [13].

Obecné zásady pro přímou aplikaci tenzometru na kompozit se neliší od aplikace na izotropní materiály typu kovů s jedinou výjimkou. Jakékoliv zdrsnění povrchu kompozitu narušuje jeho strukturu, což se projeví podstatně nepříznivějším způsobem než je tomu u kovů. Povrch kompozitu bývá nasycen separátorem, který ztěžuje adhesi tmelu. pokud se užito tepelné vytvrzení tmelu, dochází k dalšímu nepříznivému ovlivnění tenzometrického měření. Stejně nepříjemné je jakékoliv orýsování situace pro správnou orientaci.

Dalším zdrojem chyb je odchylka orientace tenzometru oproti např. hlavním směrům materiálu. Např. pro jednosměrný kompozit při v praxi běžně dosahované hodnoty směrové odchylky v podélném směru $\pm 2^\circ$, resp. $\pm 8^\circ$ je teoretická chyba 5%, resp 15%.. Podobné hodnoty platí i pro příčný směr.

Závěr

Rutinní provádění experimentu na kompozitu bez hlubších znalostí problematiky v celé šíři může přinést nepříjemná překvapení. Proto je nezbytná teoreticko výpočtová příprava [14]. Při respektování specifik kompozitních materiálů a dodržení uvedených zásad velikost odchylek se pohybuje do 5%.

Poděkování

Tento výzkum je podporován grantem GAČR 101/012/0769