



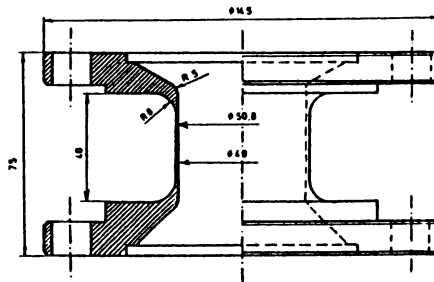
## DESIGN OF A TRANSDUCER FOR TORQUE MOMENT MEASUREMENT NÁVRH DEFORMAČNÉHO TELESA PRE MERANIE KRÚTIACICH MOMENTOV

Vladimír Ivančo, Karol Kostolný

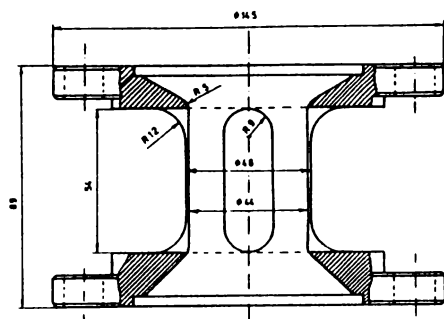
The paper deals with design of special purpose transducer for torque moment measurement. The design is based on detailed stress analysis by finite element method.

Popisovaný dynamometer je určený pre meranie krútiaceho momentu pri nastavovaní spínačov servopohonov klimatizačných zariadení vyrábaných v ZPA Prešov. U pôvodne vyrábaných servopohonov bol používaný tenzometrický dynamometer s meracím rozsahom 500 Nm. Tvar a hlavné rozmery merného telesa dynamometra sú na obr. 1. Ako je z obrázku vidieť deformačnú zónu telesa tvorí tenkostenná rúrka, pre ktorú vychádza pri menovitom krútiacom momente 500 Nm maximálna hodnota šmykového napätia  $\tau_{max} = 144,5$  MPa. Tejto hodnote napätia odpovedá hodnota pomerných predĺžení snímaných tenzometrickými odporovými snímačmi v smeroch hlavných pomerných predĺžení t.j. v smeroch  $45^\circ$  vzhľadom k osi dynamometra  $\epsilon = 9 \cdot 10^{-4}$ .

V dôsledku rozšírenia výrobného programu vznikla potreba vyvinúť dynamometer s 10× menším meracím rozsahom. Súčasne bola objednávateľom stanovená požiadavka na nutnosť zachovania koncepcie merného telesa dynamometra z hľadiska zachovania jeho obrysových rozmerov. Okrem tvarovej zhodnosti upínacích prírub bola minimálna hodnota



Obr. 1: Pôvodné riešenie deformačného telesa



Obr. 2: Definitívne riešenie deformačného telesa

vnútorného priemeru stanovená na 44 mm. Z uvedených dôvodov a tiež kvôli jednoduhosti výroby dynamometra bola zvolená koncepcia merného telesa vyrobeného z jedného kusu materiálu.

Za predpokladu, že by sme zvýšenie citlivosti merného telesa chceli dosiahnuť len zmenšením vnútorného priemeru z 49 mm na prípustných 44 mm pri zachovaní pôvodnej hrúbky steny 0,9 mm, potom pri hodnote momentu 50 Nm, by šmykové napätie dosiahlo hodnotu 17,88 MPa, čomu by odpovedali pomerné deformácie  $\epsilon = \pm 1,116 \cdot 10^{-4}$ . Táto hodnota je rádo voľne takmer 10x menšia ako deformácia u pôvodného dynamometra, ktorú môžeme považovať z hľadiska konštrukcie elektronického zosilňovača za vyhovujúcu.

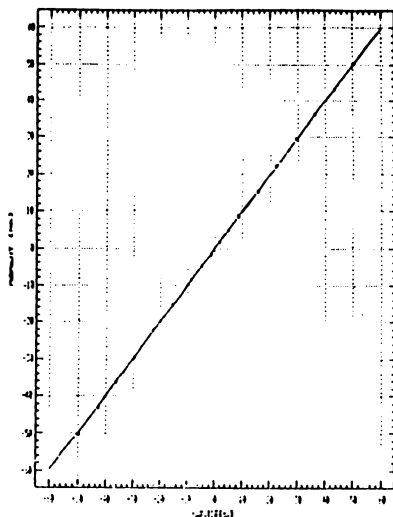
Pri najmenšom prípustnom vnútornom priemere by sme hodnotu tejto deformácie a teda aj rovnakú úroveň snímaného signálu dosiahli za predpokladu, že hrúbka steny bude 0,11 mm. Je zrejme, že takto vyrobené deformačné teleso by bolo chýlostivé z hľadiska mechanického poškodenia pri manipulácii, nehovoriac o rozmerovej neproporcionálnosti samotného telesa vzhľadom na veľkú rozdielnosť hrúbok upínacích prírub a steny v oblasti deformačnej zóny.

Z uvedeného vyplýva, že zvýšenie citlivosti pri zachovaní pôvodnej koncepcie by bolo možné dosiahnuť buď použitím materiálu s menším modulom pružnosti, alebo zásahom do geometrie v oblasti deformačnej zóny. Z praktických dôvodov a vzhľadom na možnosti ktoré poskytuje výpočtová technika pri návrhu a pevnostnej kontrole telies rôzneho tvaru sme sa rozhodli pre druhú možnosť.

Tvar navrhnutého deformačného telesa je na obr. 2. Ako vidno z obrázku deformačná zóna merného telesa pozostáva z tenkostennej rúrky o vnútornom priemere 44 mm a hrúbke steny 1 mm. Rúrka je oslabená štyrmi symetricky umiestnenými oválnymi otvormi šírky 18 mm, ktorých osi sú rovnobežné s osou merného telesa. Takéto zámerné oslabenie deformačnej zóny má za účel dosiahnuť koncentráciu šmykových napätí a tým aj zväčšenie hlavných pomerných deformácií. Tenzometrické odporové snímače typu EA-06-125DR-060 a EA-06-125DL-060 sú umiestnené striedavo v geometrických stredoch protifaľných stien vzniklých oslabením rúrky. Spôsob zapojenia snímačov zaručuje vylúčenie vplyvu pričnej sily, ohybového momentu a ťahu resp. tlaku na generovaný signál, ktorý je zosilnený elektronickým zapojením podrobne popísaným v príspevku [1].

Ako vyplýva z napäťovej analýzy vykonanej pre výpočtový model merného telesa pomocou programového systému I-DEAS, v oblasti umiestnenia snímačov je pole šmykových napätí aj napriek pomerne komplikovanému tvaru homogénne.

Na základe analýzy metódou konečných prvkov sa ako kritická ukazuje oblasť v mieste prechodu steny rúrky do príruby. Úpravou polomeru prechodu rúrky do príruby a šírky



Obr. 3: Ciachovacia krivka

drážok sa maximálne redukované napätie pri menovitom momente znížilo pod hodnotu 180 MPa. Táto úzko lokálna oblasť koncentrácie napätí, vzniklá zásahom do geometrie, leží v dostatočnej vzdialenosti od miest umiestnenia snímačov a nemá vplyv na funkčnosť navrhnutého dynamometra, čo sa potvrdilo aj pri jeho ciachovaní. Dosiagnutá závislosť snímaného a následne zosilneného signálu na krútiacom momente je v rozsahu hodnôt  $\pm 50$  Nm výrazne lineárna ( obr. 3).

Jedným z účelov tohto príspevku bolo poukázať na nutnosť detailnej analýzy napätosti a deformácie pri riešení podobných úloh a na možnosti, ktoré pri návrhu a analýze poskytujú súčasné CAD systémy.

#### Literatúra

- [1] Michaeli, I., Kalakaj, P. : Vyhodnocovací obvod tenzometrického mostíka s vysokou citlivosťou. Zborník 32. konferencie EAN 94, Česká spoločnosť pro mechaniku, 1994

Doc. Ing. Vladimír Ivančo, CSc.

Ing. Karol Kostolný

Katedra technickej mechaniky a pružnosti, Strojnícka fakulta TU Košice

Tel: 095-35312, Fax: 095 34738

Letná 9, 04 002 Košice