

Experimentální **A**nalýza **N**apětí **2005**

DESIGN OPTIMIZATION OF MULTIAXIAL FORCE TRANSDUCER OPTIMALIZACE KONSTRUKCE MULTIAXIÁLNÍHO SILOVÉHO SNÍMAČE

Karel Vítek¹, Karel Doubrava¹, Tomáš Mareš¹, Miroslav Španiel¹, Tomáš Vítek²

Multiaxial transducers are much more complex as regards demands for their basic mechanical construction. The measuring of a particular deformation field on the construction is the basic principle of their use. The design of a transducer sets broad range of requirements, which have to be fulfilled. These are: compliance of bodies of respective sensors with strength criteria, optimization of range of measuring circuit signal sensitivity and stability guarantee of sensor parameters. Complexity of demands concerning the design of multiaxial transducers leads towards optimization techniques, because of the necessary criteria, which have to be fulfilled, are of different character. High-strength steel with low material hysteresis and closely fitting the Hooke's law are used for bodies of sensors at most. First optimization criterion is minimalization of influence of the support imperfections at the transducer measuring zone. Second criterion is balanced state of stress of the transducer critical parts.

Keywords

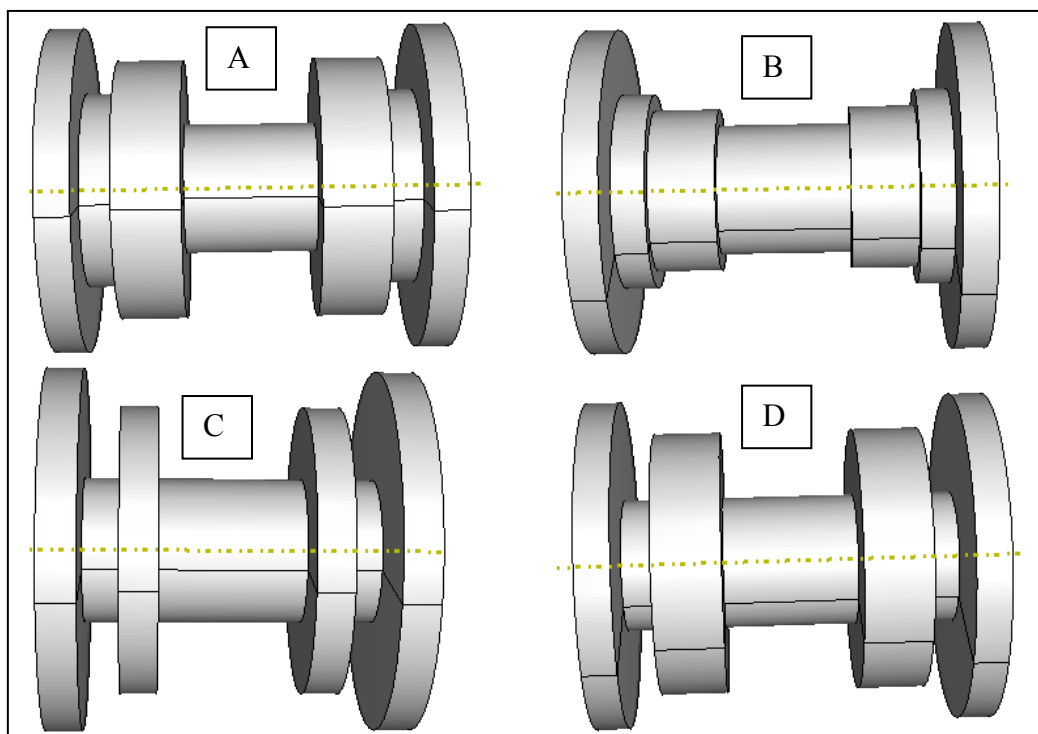
Force transducer, imperfection, optimum structure design

Úvod

Běžnými silovými senzory jsou snímače jednoosých sil nebo momentů. Komplexnější silové snímače jsou pak většinou předmětem zakázkových prací. Multiaxiální snímače jsou mnohem složitější v nárocích na vlastní mechanickou konstrukci. V principu jsou multiaxiální silové snímače založeny na snímání vhodného pole deformací. U konstrukce snímačů je třeba respektovat široké spektrum požadavků, jednak kritéria pevnosti vlastních těles snímačů a dále je třeba optimalizovat pole citlivostí signálů měřících obvodů a zaručit stabilitu parametrů snímače. Komplexnost nároků na konstrukce multiaxiálních snímačů vede na optimalizační úlohy, ve kterých kritéria kladená na tyto konstrukce jsou odlišné povahy. Záměrem je optimalizačními postupy vyvinout a navrhnout vhodné konstrukce multiaxiálních silových snímačů, pro které se používají většinou oceli s vysokou pevností respektující mimořádně Hookeův zákon – s nízkou

¹ Ing. Karel Vítek, CSc., Ing. Karel Doubrava, Ing. Tomáš Mareš, Ph.D., Ing. Miroslav Španiel, CSc.: Ústav mechaniky, Fakulta strojní, ČVUT v Praze, Technická 4, 166 07 Praha 6, e-mail: karel.vitek@fs.cvut.cz.

² Ing. Tomáš Vítek, Katedra řídicí techniky, Fakulta elektrotechnická, ČVUT v Praze, Technická 2, 166 07 Praha 6, e-mail: vitekt2@centrum.cz



Obr. 1 , Varianty uspořádání válcových úseků tělesa snímače

materiálovou hysterezi. Pro konkrétní vývoj prototypu silového snímače je pak třeba mít k dispozici nebo vyvinout experimentální postupy komplexního (multiaxiálního) cejchování.

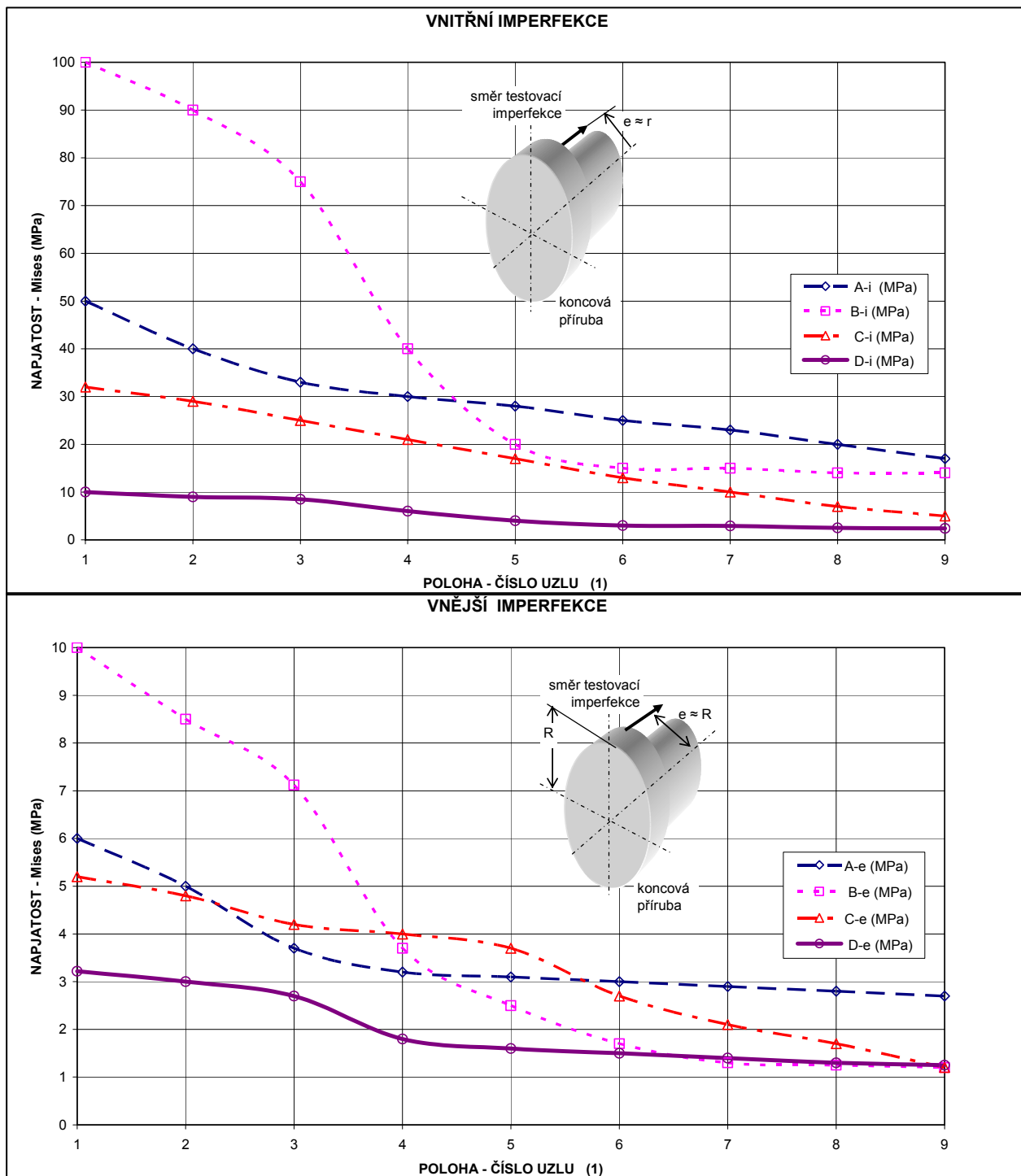
Využití numerických simulací reálného chování konstrukce silového snímače (kompletního tělesa snímače osazeného měřicími obvody) aplikací analyticko-syntetizačních numerických metod realizovaných výpočetním systémem MKP (Abaqus) umožňuje do značné míry předvídat a ověřovat chování projektovaného silového snímače – optimalizovat jeho konstrukci.

Dostupnost a možnost vybavovat výrobky a zařízení komplexněji zpětnovazebními okruhy zvyšuje jejich spolehlivost a použitelnost také proto, že už je také relativně levná nezbytná elektronika. Je proto vhodné nabídnout k běžnému použití konstrukce multiaxiálních silových snímačů, které v součinnosti s ostatními prvky inteligentních řetězců zvyšují atraktivitu průmyslových výrobků.

Optimalizace tvaru konstrukce silového snímače

Uvažujeme tvar snímače s dvěma úchytnými konci, mezi nimiž jsou na měřicí oblasti identifikovány deformace cejchované vzhledem k zatížení snímače. V případě kombinovaného namáhání snímače, jsou směry namáhání ekvivalentní a předpokládáme-li Hookeovský a izotropní materiál snímače, odpovídá ekvivalenci směrů zatížení symetrické těleso. Proto předpokládáme tvar měřicí zóny snímače válcový s kruhovým nebo mezikruhovým s průřezem, který může vzhledem k ose symetrie vytvořit deformačně a pevnostně vyváženou konstrukci.

Délku válcového snímače projektujeme tak, aby lokální imperfekce vznikající v kontaktu jeho úchytných konců neovlivňovaly cejchování snímače. Saint-Venantův princip u nosíkových modelů předpokládá doznění lokálního vlivu do vzdálenosti celých násobků průřezového rozměru. To by ovšem vycházel snímač necitlivý na imperfekce v uložení poměrně dlouhý.

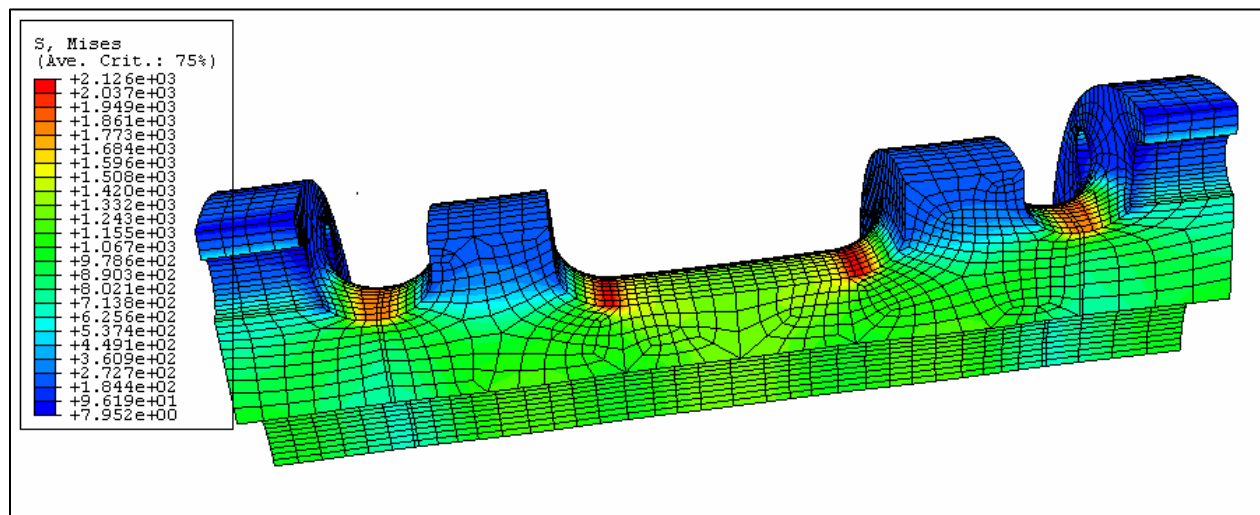
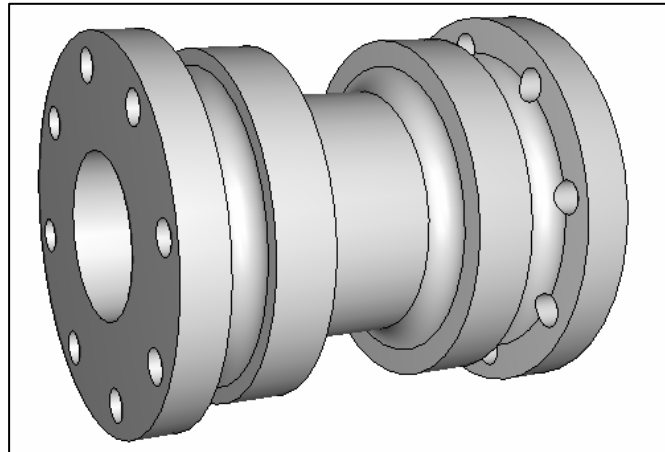


Obr.2 Citlivost konstrukce silového snímače na testovací imperfekci simulovanou v jeho uložení
 Minimalizaci délky snímače realizujeme vhodnou volbou kombinace jeho průřezových rozměrů, při které vlastnosti konstrukce vliv imperfekcí utlumí v krátké vzdálenosti. Předpokládáme konstrukci snímače tvořenou válci různých průměrů. Úchytné konce tvoří obě krajní příruby, které přechodové válce propojují s tlumícími kotouči navazujícími na střední měřící oblast aktivně chráněnou vlastní koncepcí snímače. Předpokládáme čtyři varianty vzájemných poměrů válců podle obr. 1, s různou relací rozměrů přechodových a tlumících oblastí vzhledem k daným

částem – krajním úchytným přírubám a střední měřící oblasti. Konstrukce variant snímačů testujeme jednotkovou imperfekcí – relativním posuvem referenčního bodu ve směru osy snímače na vnitřní části úchytné příruby jednak na v bodě vnějšího průměru a také v bodě středního průměru (vnější strana příruby je v testech počítaných MKP systémem ABAQUS v celé ploše osově pevně uchycena) . Vliv testovací imperfekce na napjatost měřícího úseku snímače (znázorněného v grafech délkou povrchové přímky válce - osou nezávisle proměnné) je podle obr.2 nejnižší u snímače typu D, který představuje konstrukci s mohutnými tlumícími kotouči.

Obr.3 Optimalizovaná konstrukce multiaxiálního silového snímače

Tento výhodný typ konstrukce snímače je dále konstrukčně dotvořen o přechodové prvky a otvory pro úchytné šrouby viz obr.3 a dále optimalizován tak, aby úroveň napjatosti v kritických místech snímače při jeho zatížení tahem byla pevnostně vyvážená, viz vyrovnaná pole redukovaného napětí dle hypotézy HMH (Mises) v obr.4.



Obr.4 Pole napjatosti silového snímače zatíženého tahem (lineární model)

Poděkování

Tento výzkum podporuje: Výzkumné centrum spalovacích motorů a automobilů Josefa Božka II, 1M6840770002 MSMT.

Literatura

- [1] VÍTEK, K.: Optimization of Measuring Range of Transducers , 17th Danubia-Adria Symposium on Experimental Methods in Solid Mechanics, Prague 2000, pp. 337-338.