

OPTIMALIZACE MĚŘICÍHO ROZSAHU SILOVÝCH SNÍMAČŮ

OPTIMIZATION OF MEASURING RANGE OF FORCE TRANSDUCERS

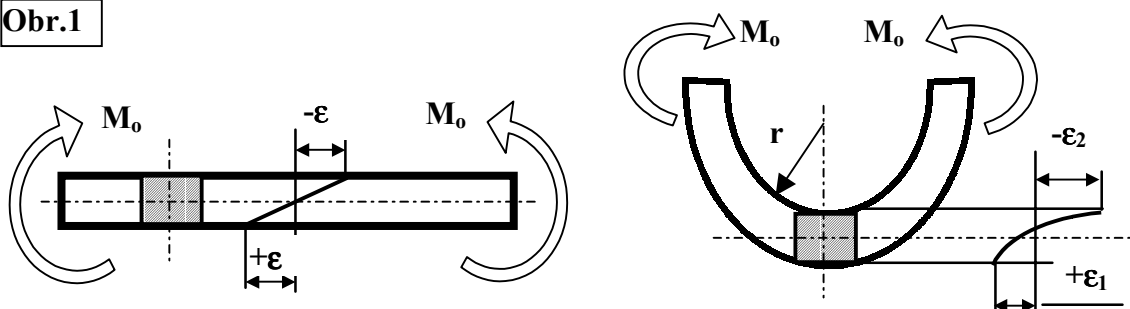
Karel Vitek¹

Abstract:

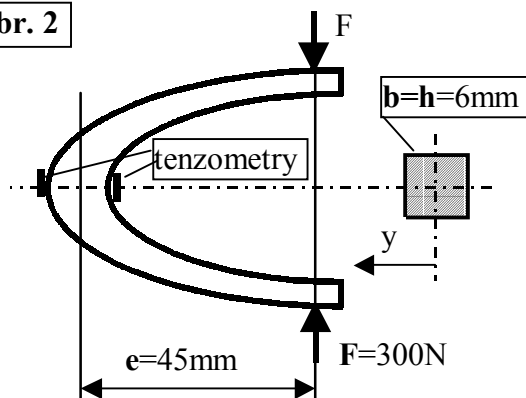
Optimization of the measuring range of the force transducers is based on use of a residual bending stresses in their strain gage measuring design. Using this special design moves the measuring range for application nonsymmetric force loading of the transducers. For example instead measuring symmetric force range from -300N to +300N it is possible to measure force from -100N to +500N. This principle enables us to develop the transducers, which will respect unsymmetric force loading.

U silových snímačů využívajících k indikaci síly elastické deformace měřené v ohybové zóně tělesa snímače je možno plastizaci průřezu posunout pracovní rozsah snímače a tím vytvořit konstrukci výhodnějších parametrů. Využití snímačů na tomto principu může být v praxi široké, neboť v řadě případů má silové zatížení vůči nulové hladině nesymetrický charakter a proto i nesymetrická silová charakteristika silového snímače zde může být účelná. Uvažujeme-li těleso snímače jako prut obdélníkového průřezu podle schéma na obr.1, lze u přímého tvaru zatíženého ohybovým momentem M_0 v lineární elasticitě předpokládat při jednoosé napjatosti v krajních vláknech obdélníka stejnoměrné rozdělení tahového s tlakovým napětím (v celém průřezu je průběh prakticky lineární) a jím podle Hookeova zákona odpovídajících dominantních krajních složek deformací ϵ , které jsou vhodné k indikaci zatížení prutu tenzometry. Pro prut zplastizovaný do poloměru zakřivení r bude v závislosti na poloměru průběh ohybového elastického napětí a tedy i odpovídající dominantní deformace nesymetrický (v celé průřezu hyperbolický – například podle teorie tlustých – silně zakřivených prutů). Silné zakřivení prutu tvářením za studena, které fakticky realizuje průběh napjatosti v prutu odpovídající pružně plastickému stavu, jež je blízký plastickému kloubu, vyvolá v průřezu zbytková napětí a právě ta umožní posunout rozsah vnějšího zatížení prutu.

Obr.1

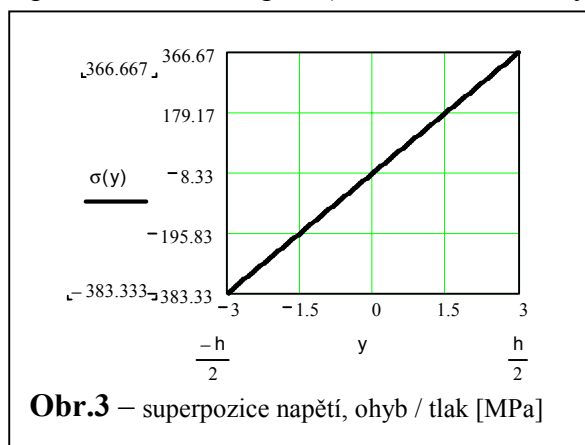
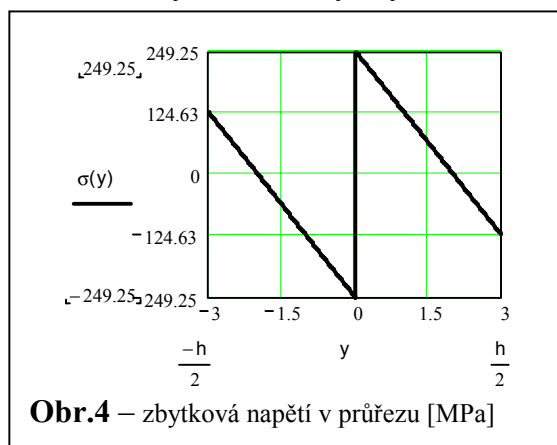


¹ Ing. Karel VÍTEK, CSc., ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav mechaniky, Odbor pružnosti a pevnosti, Technická 4, 166 07 PRAHA 6. Tel.: 02/24352520, Fax: 33322482, Email: VITEK@FSID.CVUT.CZ

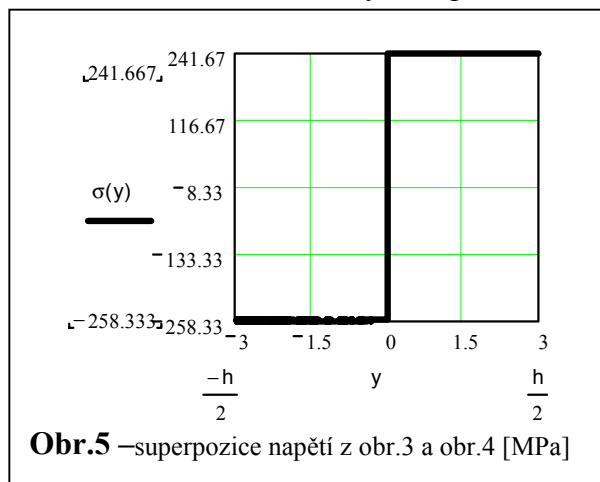
Obr. 2

Výhody vlastností konstrukcí silových snímačů založených na principu takto předepjatých prutů je možno posoudit z návrhového výpočtu snímače realizovaného podle teorie prvního řádu prutového modelu s uvažováním tahového diagramu ideálně plastického materiálu s mezí kluzu $\sigma_k=250$ MPa. Prut čtvercového průřezu 6x6 mm je za studena ohnut do tvaru podle obr.2. Na tomto modelu zatěžující síla $F=300\text{N}$ na rameni $e=45\text{mm}$ v maximálně namáhaném průřezu na ose symetrie způsobuje kombinované namáhání ohybovým momentem $M_o=F \cdot e$ a

tlakovou silou F . Superponované průběhy lineárních průběhů elastických napětí uvažované kombinace podle obr.3 v extrémech výrazně přesahují mez kluzu materiálu snímače a u symetrického rozsahu snímače by tak extrémní sílu tento snímač nezvládl a došlo by k jeho poškození plastizací konstrukce. Právě průběh zbytkových napětí odpovídajících odlehčení průřezu z úrovně napětí plastického kloubu podle obr.4 (což v prvním výpočtovém přiblížení odpovídá ohnutému prutu) umožní teoreticky přenos i takto vysoké hladiny síly snímačem.

**Obr.3** – superpozice napětí, ohyb / tlak [MPa]**Obr.4** – zbytková napětí v průřezu [MPa]

Superpozice napjatosti z obr.3 a obr.4 dává výslednou napjatost viz obr.5, která vlivem napětí od tlakové síly mírně převyšuje ideální stav v oblasti tlakových napětí, ovšem i tento model je pro dimenzování snímače dostatečný a dává podklady pro konečnou volbu hranic reálného nesymetrického rozsahu zatěžovací, respektive měřicí síly. Laboratorní zkoušky silových snímačů tvářených z houževnatých ocelí a předepjatých na uvedeném principu dávají nadějně výsledky. Tyto snímače na se projevují silnou linearitou a velmi nízkou (zanedbatelnou) hysterézí. Snímač, jehož teoretické řešení je podkladem uvedených průběhů napětí má v půlmostovém zapojení tahového a tlakového tenzometru (obr.2) teoretický lineární nárůst signálu dán rovnicí: $\text{Signál}[\mu\text{i}]=1,25 \cdot 10^{-5} \cdot F[\text{N}]$, (pro odhadnutý modul pružnosti v tahu $E=2 \cdot 10^5$ MPa). Konstanta vyplývající z lineární regrese dat experimentu ($1,2896 \cdot 10^{-5}$) se velmi málo liší.

**Obr.5** –superpozice napětí z obr.3 a obr.4 [MPa]