

**BODCOVÝ SNÍMAČ DEFORMACÍ S NASTAVITELNOU ZÁKLADNOU****PIERCER TRANSDUCER FOR DISPLACEMENT MEASUREMENT WITH ADJUSTABLE BASIS**Karel VÍTEK<sup>1</sup>*Abstrakt*

Snímač se aplikuje zabodnutím do měřeného povrchu a umožňuje měřit změnu délky nastavitelné základny. Osazení konstrukce snímače je v prototypu ověřeno pro odporové i polovodičové tenzometry. Snímač je vhodný pro měkké povrchy a i pro takové, na které se nehodí aplikace lepených tenzometrů - jako jsou mokravé, vlhké, mastné povrchy, respektive některé umělé hmoty, tkaniny, biomateriály, kde je možno akceptovat semidestruktivní použití bodcového snímače.

**Klíčová slova:** snímač deformací a sil, bodcový snímač, deformace.

*Abstract*

Experimental assessment of displacements of drippy, oily or wet soft surfaces is problematic. The measurement principle of the piercer gauges is similar to a needle. It passes through the soft tissue and fixes in the measured surface. This is a type of a semi destructive application of the gauges, as the surface is only slightly damaged by the piercer gauges. The piercing gauge structure with two measuring points was composed of two parallel needles fixed to the prick. Close to the needles clamping, sets of strain gauges were installed. This transducer is able to measure the axial strain.

**Keywords:** transducer, piercer gauges, displacement.

**ÚVOD**

Důležitý a mnohdy zásadní je způsob a obecně možnost aplikace snímače na měřený povrch. Nevýhody řady stávajících technických řešení spočívají často v jejich nesnadné aplikovatelnosti na měřené materiály, respektive jejich povrchy. Například na plasty nebo na hluboce tvárné měkké materiály a dále také na živé tkáně je obecně problematické měřící snímače aplikovat, neboť nepřilnou dostatečně k měřenému povrchu. Bodcový snímač je aplikovatelný na měkké měřené povrchy dvěma jemnými jehlovými vpichy - semidestruktivně, což je při některých aplikacích přijatelné.

**KONSTRUKCE BODCOVÉHO SNÍMAČE**

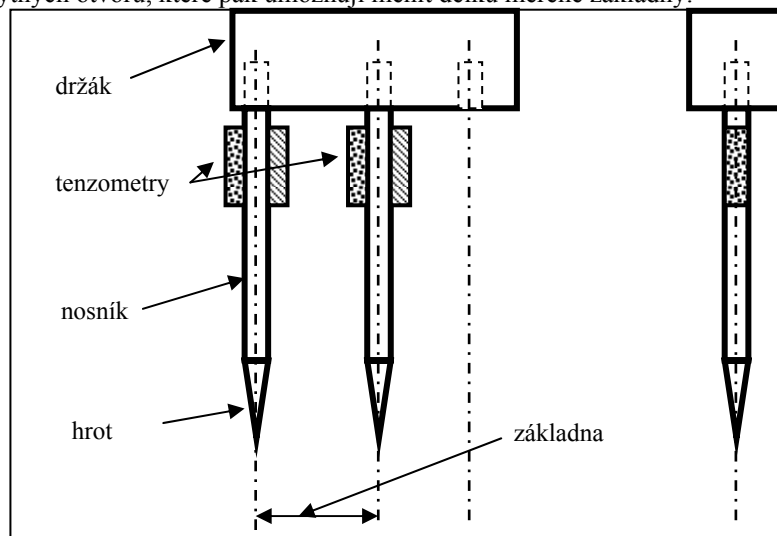
Konstrukce bodcového snímače deformací podle schéma na obr. 1 se skládá z držáku, do kterého jsou uloženy vetknutím dva sousední jehlovité nosníky, které jsou na volném konci upraveny do tvaru bodce. Bodce umožňují aplikovat tento snímač zabodnutím do měřeného povrchu. Na nosnících bodcového snímače jsou aplikovány tenzometry snímající deformaci povrchu nosníků, která indikuje změnu vzdálenosti koncových bodců. Jehlovité nosníky jsou v

<sup>1</sup> Ing. Karel VÍTEK, CSc. ÚBAM, FSJ ČVUT v Praze, [Karel.Vitek@fs.cvut.cz](mailto:Karel.Vitek@fs.cvut.cz)

Lektoroval: doc. Ing. Vladimír JURICA, CSc., KAMaM, SJF TU v Košiciach, [vladimir.jurica@tuke.sk](mailto:vladimir.jurica@tuke.sk)

držáku zasazeny, ale mohou být i zalepeny, přivařeny nebo jištěny mechanicky – přítlačným šroubem nebo zalisováním.

V případě, že uložení jehlovitého nosníku v držáku je rozebíratelné, může mít držák několik úchytných otvorů, které pak umožňují měnit délku měřené základny.



Obr.1 Konstrukce bodcového snímače

## APLIKACE BODCOVÉHO SNÍMAČE V BIOMECHANICE KOSTÍ

Experimentální měření silového namáhání kostí v živém v těle organismu je problematické, protože například konkrétní kost je svojí proměnnou geometrií a materiálovými vlastnostmi do značné míry neznámým objektem.

Elastické konstanty kosti živé i neživé se liší a to i s ohledem na konkrétního jedince. Průřez kostí z obr. 2 má při orientaci polárními souřadnicemi ( $r, \beta$ ) proměnný Youngův modul pružnosti v podélném směru dle obr.3 od 6 do 10 GPa, viz [1]. Regresní polynom 6. stupně z obr. 3 aproximuje rozdělení podélného modulu pružnosti po pobvodě kosti již poměrně přesně. V případě modelování kosti jako uzavřené tlustostěnné skořepiny ovlivňuje uvažovaný modul pružnosti také velikost vzorku, na kterém byla elastická konstanta experimentálně zjišťována, neboť záleží, zda průřez podélného zkušební vzorku odpovídal typu S1, nebo větší variantě S2, viz obr.2.

Princip měření podélného zatížení kosti ukazuje obr. 4. Bodcové měřicí snímače podobně jako jehla procházejí měkkou částí těla a zabodnou se do povrchu kosti. Jedná se o semidestruktivní aplikaci snímačů, neboť části těla jsou jenom mírně porušeny vpichem bodcového snímače. Měřicí body, které vytvoří po obvodu průřezu kosti vpichy souřadným systémem orientovaného snímače, slouží k rekonstrukci tvaru obvodu průřezu kosti. V měřících bodech předpokládáme měření podélného poměrného prodloužení na povrchu kosti zabodnutými snímači. Nad rovinou průřezu kosti v měřících bodech definujeme v každém zatěžovacím stupni regresní rovinu  $\varepsilon(z,y)$  určenou naměřenými podélnými poměrnými prodlouženími. Předpokládáme dle [1], že kost v modelu splňuje Hookeův zákon a normálové napětí v podélném směru je jednoznačně dáno vztahem

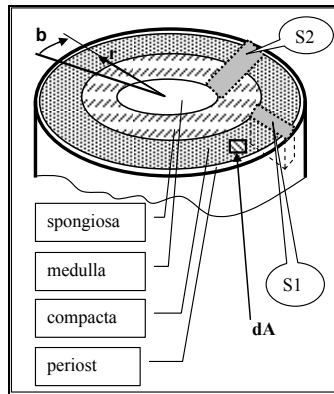
$$\sigma(z,y) = E(z,y) \cdot \varepsilon(z,y).$$

Integrací po uvažovaném průřezu kosti určíme z rozdělení poměrného prodloužení, respektive normálového napětí, regresní rovinou jednak normálovou sílu  $N$  a obě složky  $M_y$ ,  $M_z$  ohybového momentu ve zkoumané kosti.

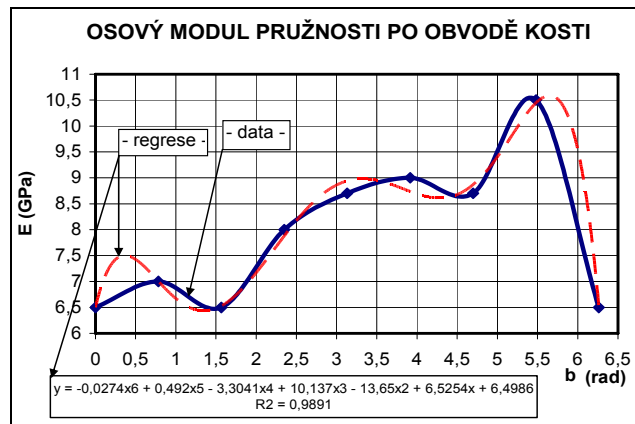
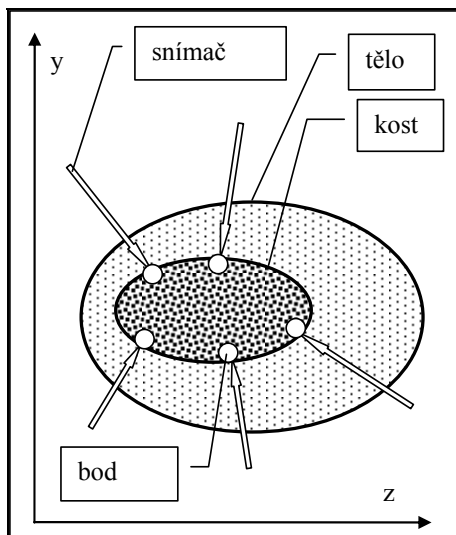
$$N = \int \sigma(z,y) \cdot dA,$$

$$M_y = \int \sigma(z,y) \cdot z \cdot dA,$$

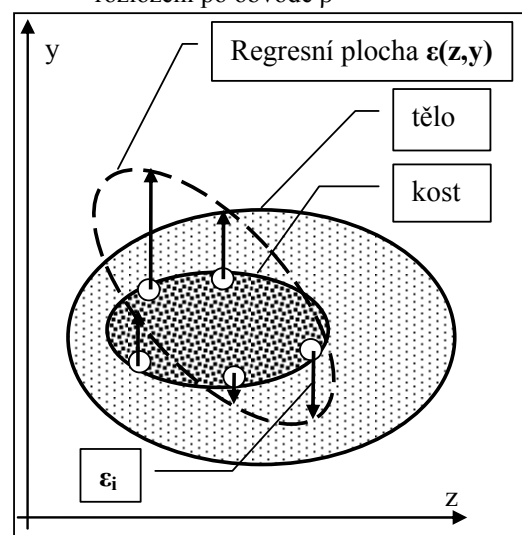
$$M_z = \int \sigma(z,y) \cdot y \cdot dA.$$



Obr.2 Průřez kosti

Obr.3 Osový modul pružnosti kosti  
– rozložení po obvodě  $\beta$ 

Obr.4 Měřicí body na kosti

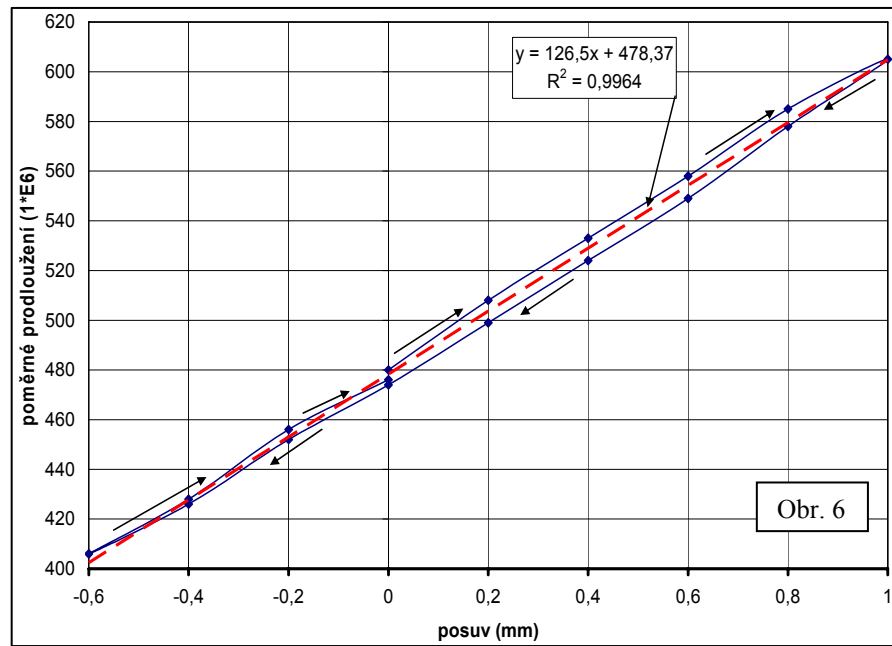


Obr.5 Regrese vyhodnocení měření

## ZÁVĚR

Prototypy bodcových snímačů se osvědčily při experimentech s kostmi, tkaninami, gumou, pryží, plasty a dřevem. Charakteristiku snímače odměřenou pomocí vpichu snímače do gumou změkčeného povrchu mikrometru uvádí obr. 6.

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



Obr.6 Charakteristika snímače

## LITERATURA

- [1] GAVIN, E., BEDZIŃSKI, R.: *Investigations into Influence of Strain on Remodeling of Bone Structures*, 18th Danubia-Adria Symposium on Experimental Methods in Solid Mechanics. 2001, Steyr - Austria, p. 105