EAN '94

32th Conference of Experimental Stress Analysis
32. konference o experimentální analýze napětí
30. 5. - 2. 6. 1994 VŠST Liberec Czech Republic

DEFORMATION ANALYSIS OF INFLUENCE OF IMPLANT WITH SHAPE MEMORY
DEFORMAČNÍ ANALÝZA VLIVU IMPLANTÁTU S TVAROVOU PAMĚTÍ

Jitka JÍROVÁ, Vratislav KAFKA

The aim of our research was to describe the stress state at the bone surface caused by application of a clamp with shape memory. *Such clamps are used in orthopaedy for healing of fractures. Alloys with shape memory have the ability to remember the shape they had before mechanical deformation. The deformation brought about at low temperature vanishes and the original form is restored under the influence of heating if temperature reaches or overpasses the transformation temperature (Fig.1). The developed axial pressure and the resulting fixation at the contact surfaces of bones have a favourable effect on fracture healing /3/.* ***The stress state was determinated by using method of photoelastic coating in connection with strain-gauge measuring.***

Úvod

Cílem experimentálního výzkumu bylo popsat stav napjatosti na povrchu kosti, který nastane po aplikaci osteosyntetické skoby vyrobené z materiálu s tvarovou pamětí. Tyto skoby se začínají používat v ortopedii pro léčení zlomenin.

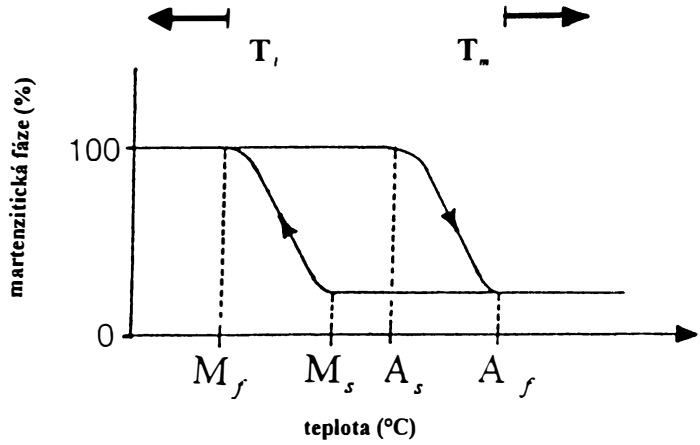
V posledních letech se v ortopedické chirurgii objevila řada nových materiálů [1]. Mezi jinými také slitiny s tvarovou pamětí, které mají schopnost pamatovat si tvar, který měly před mechanickou deformací. Materiály s tvarovou pamětí reprezentují důležitý druh "Intelligent materials", tj. materiálů s velmi specifickými vlastnostmi, které mají použití v mnoha oborech. Jev tvarové paměti spočívá ve specifickém chování některých binárních slitin. Jestliže těleso, které je vyrobeno z takovéto slitiny, je vytvarováno při vysoké teplotě T_h, pak můžeme tělesu udělit trvalou deformoci při nízké teplotě T_l, přičemž při zahřátí na střední teplotu T_m se vrátí do svého původního tvaru (obr.1). Během tohoto vratného procesu jsou některé z těchto slitin schopny vyvinout značné síly a značnou zpětnou deformaci (až 10%). Pro různé slitiny mohou být uvedené teploty T_h, T_l, T_m výrazně odlišné a stejně také vyvinutá síla a zpětná deformace, kterou tedy musíme vždy určit. Toto chování se nazývá *jev tvarové paměti.* Uvedené slitiny mají důležité uplatnění v různých odvětvích průmyslu a také v různých oborech medicíny.

Jedna z nejdůležitějších aplikací v medicíně je výroba a použití osteosyntetických implantátů. V tomto případě však materiál musí mít nejen nezbytné termomechanické vlastnosti, ale musí být také biokompatibilní. Jediný dosud známý materiál s těmito

požadovanými vlastnostmi je ekviatomární sloučenina niklu a titanu, krátce nazývaná NITINOL.

Vyvinutý osový tlak a následná fixace zlomených kostí má příznivý účinek na léčení. Skobu prodloužíme při nízké teplotě a osadíme do předvrtaných otvorů do kosti. Při ohřátí deformace zmizí, tím vznikne tlakové napětí na kontaktních plochách zlomeniny. Velikost síly, která vznikne po ohřátí skoby závisí pouze na jejím tvaru.

Zjišťovali jsme stav napjatosti na povrchu kosti, který nasta po aplikaci skoby, jejíž prototyp byl vyroben v Poldi Kladno [2]. Použitý materiál byl dodán ze SVŠT Bratislava.



Obr.1: převzato z [1]: Příklad transformační oblasti při přechodu z martenzitického (M) do austenitického (A) stavu s vytvořením hysterezní křivky.

M_f = maximální teplota výskytu pouze martenzitického stavu

A_f = minimální teplota výskytu pouze austenitického stavu

M_s = teplota, při které austenitická fáze začíná přecházet do martensitické

A_s = teplota, při které martensitická fáze začíná přecházet do austenitické.

Šipky naznačují směr transformace při ohřívání a při ochlazování.

Metoda výzkumu

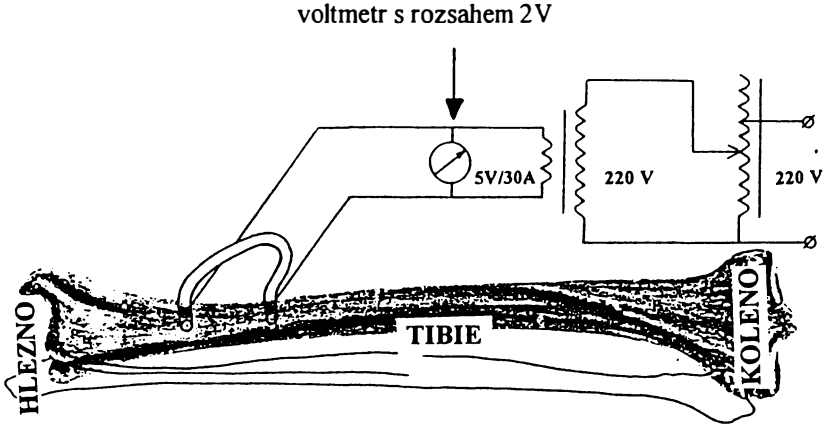
Při použití speciálního přípravku byla osteosyntetická skoba ve vodní lázni s ledovou tříští protažena asi o 2 mm. Předdeformovaná skoba byla osazena do dvou otvorů vzdálených od sebe o 3,5 mm, které byly vyvrtané do tibie (obr.2). Po osazení jsme skobu pomalu ohřívali až do teploty 80°C ve čtyřech krocích. První měření se uskutečnilo při pokojové teplotě (+20°C) a dále při 40°C, 60°C a 80°C.

Pro zjištění stavu napjatosti na povrchu kosti v oblasti mezi oběma vyvrtanými otvory jsme použili metodu reflexní fotoelasticimetrie. Použitím této metody snadno nalezneme v celé zkoumané oblasti směry a rozdíly hlavních napětí včetně jejich koncentrací. Reflexní vrstva o tloušťce 2 mm s konstantou optické citlivosti K = 13,176 $N.mm^{-1}$ byla aplikována na povrch kosti. Měření bylo provedeno pomocí reflexního polariskopu typ 030 firmy Vishay.

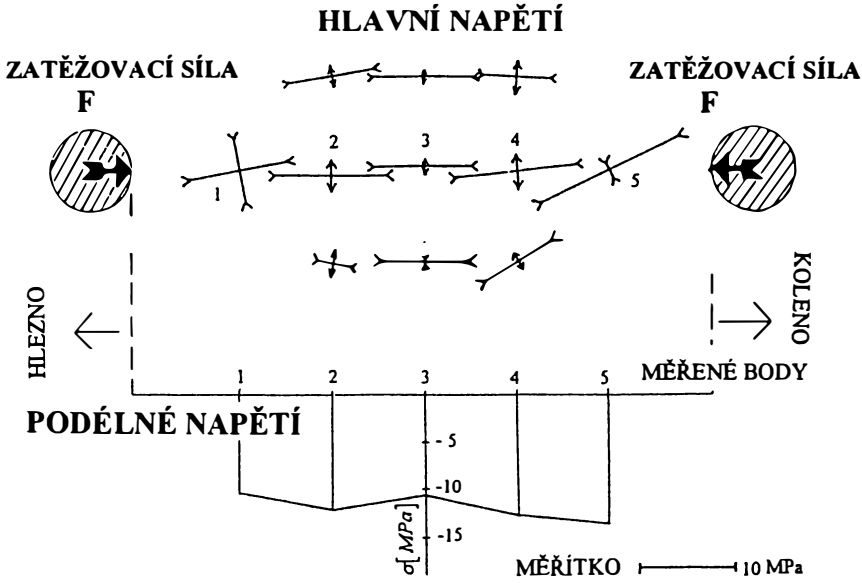
Abychom zjistili hodnoty napětí ve dvou kolmých směrech v prostředním bodě, použili jsme tenzometrické měření. Jeden tenzometr XY 11 3/120 HBM s dvěma kolmými měřícími mřížkami byl nalepen na kost do středního bodu mezi oběma vyvrtanými otvory. Použitý tenzometr má teplotní charakteristiku podobnou jako kostní tkáň a byl ochráněn proti vlhkosti při pokojové teplotě. Výsledky tenzometrického měření byly pak použity pro vyhodnocení fotoelasticimetrického měření (obr.3).

Závěr

Z biomechanického hlediska je vyvození tlakového napětí na povrchu kontaktních ploch zlomeniny velmi důležité. Na druhé straně je velmi dobře známo, že kostní tkáň je v trvalém remodelačním procesu [3], pro který není příznivé ani přetížení, ani přílišné odlehčení. Proto je velmi důležité zjistit rozložení napětí na kosti. Na obr.3 jsou vykresleny směry a velikosti hlavních napětí v měřených bodech pomocí fotoelasticimetrie. Z průběhu osového napětí podél spojnice dvou vyvrtaných otvorů (obr.3) je patrné, že stav napjatosti v kosti je velmi příznivý, neboť tlak je rozložen rovnoměrně.



Obr.2: Schema osazení a zahřívání skoby



Obr.3: Výsledky experimentálního měření

Literatura

[1] A.Ravaglioli, A.Krajewski: Bioceramics, Chapman & Hall, 1992

[2] I.Květ: Vývoj poddajné osteosyntetické spony s tvarovou pamětí a výzkum jejich vlastností. Kandidátská disertační práce, Praha 1991

[3] R.Huiskes, M.Dalstra, R.v.d.Venne, H.Grootenboer, T.J.Sloof: A hypothesis concerning the effect of implant rigidity on adaptive cortical bone remodelling in the femur. Proc.of 5th Meeting ESB, 1986, Germany

Ing. Jitka Jírová, CSc. tel. 798 79 29
Ing. Vratislav Kafka, DrSc. tel. 798 79 30
Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR,
Pod vodárenskou věží 4, 182 00 Praha 2
fax. 798 72 61