



COMPARISON OF EXPERIMENTAL AND NUMERICAL STRESS ANALYSIS OF
CERAMIC HEAD OF THR
KONFRONTACE EXPERIMENTÁLNÍ ANALÝZY S VÝPOČTEM NAPJATOSTI
KERAMICKÉ HLAVICE TP

Daniel RUBRICIUS, Jitka JÍROVÁ

Our paper deals with investigation of statical strength of ceramic head in contact with a steel stem. The research is carried out by two phases : numerical and experimental analysis. The numerical model was designed as rotationally symmetrical model using FEM. Two types of contacts between ceramics and steel were taken into account : smooth surface of the stem and the stem with fine threads on the surface.

Úvod

Článek se týká výzkumu statické pevnosti keramických hlavic (Al_2O_3) při kontaktu s ocelovým dříkem. Keramika je velmi vhodný materiál pro výrobu náhrad lidských kloubů. Při navrhování a ověřování jednotlivých keramických komponent však musíme sledovat její dlouhodobou statickou pevnost. Dlouhodobý způsob zatěžování se totiž vyskytuje u keramické hlavice při fyziologickém zatížení kyčelního kloubu, kdy je hlavice pevně naražena na krček endoprotézy. Toto zatížení způsobuje v místě koncentrace tahových napětí šíření nebezpečných trhlin až do porušení. Proto je velmi důležité co možno nejvíce snížit velikost zatížení působící na kontaktu materiálu dříku endoprotézy s keramickou hlavici.

V práci jsme provedli analýzu napětí v keramické hlavici a statickou zkoušku pevnosti pro dva typy kontaktního povrchu dříku, a to pro hladký povrch a pro povrch zdrsňený vyříznutím jemných závitů po obvodu.

Statická zkouška pevnosti

Statická zkouška pevnosti byla uspořádána dle mezinárodní normy ISO 7206-5 /1/ (obr.1). Keramická hlavice byla nasazena na kuželový trn. V případě kontaktu keramiky s hladkým povrchem dříku byl použit ocelový kuželový trn, který je používán pro kalibraci přesnosti výbrusu kónického kruhového otvoru hlavice při výrobě v DÍAS Turnov, s.p. V druhém případě byly na povrchu kužele, který byl v kontaktu s keramikou, vyříznuty po obvodu jemné závit.

Matematický model

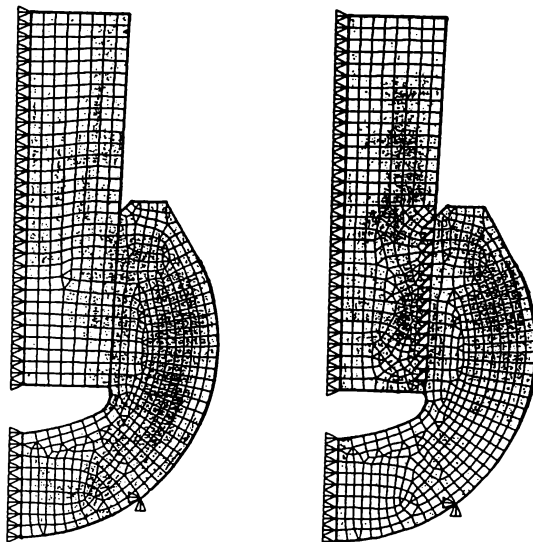
Úkolem numerické analýzy bylo zjistit stav napjatosti keramické hlavice při kvazistatickém zatěžování. Úloha byla řešena numericky pomocí programu ANSYS na PC/AT-486. Swanson Analysis Systems je program pro řešení inženýrských úloh metodou konečných prvků. Problém byl řešen jako rotačně symetrická úloha.

Matematický model se skládal u dřívku s hladkým povrchem ze 766 uzlových bodů a 710 prvků (u zdrsněného dřívku model obsahoval 1007 uzlových bodů a 1058 prvků). Základem je čtyřuzlový izoparametrický prvek, který má dva stupně volnosti v každém uzlu: posun ve směru osy x a y . Geometrické okrajové podmínky, způsob zatěžování a oba matematické modely jsou zřejmé z obr.2. Materiálové charakteristiky jsou uvedeny v tabulce II.

Tab.II. Materiálové vlastnosti

	keramika	ocel
modul pružnosti (MPa)	390 000	210 000
Poissonovo číslo	0.23	0.3

Numerická analýza napětí obou modelů ukázala v počátečním stádiu zatěžování téměř stejné hodnoty napětí v hlavici. Rozdíly mezi poli napětí se objevily pouze na kontaktu mezi hlavici a dřívkem. U dřívku s hladkým povrchem byly hodnoty napětí nižší a rovnoměrnější. U modelu s dřívkem se zdrsněným povrchem se v místě zubů jemných závitů objevily v hlavici zvýšené velikosti napětí, které postupně směrem do těla hlavice vymizely a hodnoty napětí byly shodné jako u modelu s hladkým dřívkem. Tato část výpočtu odpovídala počáteční fázi zatěžování, kdy se materiál chová pružně. V další fázi zatěžování dochází ke zplastizování jemných závitů dřívku, tím k redistribuci napětí a nastává výrazný pokles jeho hodnot v hlavici u modelu se zdrsněným povrchem dřívku.



Obr.2. Matematické modely

Závěr

Dřík s jemnými závity na kontaktu s keramikou působí velmi příznivě. Experiment prokázal výrazně vyšší okamžitou statickou pevnost. Numerická analýza napětí potvrdila menší hodnoty napětí u tohoto dříku. Ocel má nižší modul pružnosti než keramika (tab.II) a jemné drážky při dlouhodobém statickém zatížení působí vlastně jako pružný prvek. Lze předpokládat ještě příznivější výsledky při kontaktu keramiky se slitinou titanu VT 6, která se používá pro výrobu bezcementových endoprotéz, neboť tato slitina má zhruba třetinový modul pružnosti než keramika, tj. 110 000 MPa.

Literatura

1. ISO 7206-5 : Implants for surgery - Partial and total hip joint prostheses, Part 5 : Determination of resistance to static load of head and neck region of stemmed femoral components
2. Guidance document for the preparation of premarket notification for ceramic ball HIP system -1.sv.510(K)

Ing. Daniel RUBRICIUS, Ing.-Jitka JÍROVÁ, CSc.

*Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, 128 49 Praha 2, Vyšehradská 49
tel.: 297103, fax.: 295903*