



TRANSVERSE LOADING OF SAPPHIRE PLUGS FOR DENTAL APPLICATIONS

PŘÍČNÉ ZATÍŽENÍ SAFÍROVÝCH ČEPŮ PRO STOMATOLOGICKÉ APLIKACE

Potěšil A., Jindra J.

Resumé: Determination of the maximum concentrated force at the tip of the fixed sapphire plugs for dental applications was done by both classical method of the strength of materials and finite element method. Also the stress intensification factor was calculated for several shapes of dental plugs.

1. ÚVOD

V souvislosti s výrobou safírových čepů pro stomatologické aplikace, která je realizována v a.s. PRECIOSA Turnov, se ukázalo potřebné sledovat výstupní kontrolou výrobce jejich stoprocentní kvalitu. Jako kritérium pro posouzení pevnostní kvality čepu byla zvolena jednoduchá mechanická zkouška safírového čepu a to příčné působící silou aplikovanou na volném konci vetknutého čepu. Prakticky se jedná o zkoušku ohybem safírového čepu upnutého, resp. vetknutého do teflonového pouzdra. Cílem autorů příspěvku bylo stanovit výpočtem kritickou, resp. maximální velikost příčné síly na safírový čep, pomocí které by se posléze, např. vhodnou volbou koeficientu bezpečnosti $k > 1$ odvodilo přípustné (dovolené) zatížení čepu podle vztahu $F_{DOV} = F_{max}/k$ aplikované při výstupní zkoušce ohybem.

2. VÝPOČTOVÉ MODELY NAPJATOSTI PŘÍČNĚ NAMÁHANÝCH ČEPŮ

Vzhledem k tomu, že čepy jsou tvarově složitá tělesa, navíc s vybroušeným závitem sloužícím pro zasazení do pevné kostní tkáně [3], bylo využito možnosti provedení výpočtu stavu napjatosti v celém objemu čepu pomocí metody konečných prvků. Snahou autorů bylo ekonomické zefektivnění následně plánovaného experimentu, který by měl stanovit sílu potřebnou ke zlomení reálně vyrobeného čepu, jehož cena je poměrně vysoká.

Provedena byla analýza napětí tří typů čepů s označením ČEP 26, ČEP 33 a ČEP 56. Pro omezený rozsah příspěvku budou uvedeny tvary čepů na jednání konference EAN.

Youngův modul pružnosti safíru byl stanoven akustickou metodou vyvinutou pracovníky Laboratoře experimentální mechaniky (LEM) VŠST v Liberci. Poznatky z experimentálních prací provedených v LEM a popsanych v [1] jsou užitečné z hlediska volby a užití pevnostní podmínky pro safírové tyče a pro výrobky z nich. Rovněž jsou podstatné pro vlastní analýzu napětí a deformací čepů metodou konečných prvků.

Výpočtový model využívající prostředků technické pružnosti

Tento přístup využívá poznatků lineární technické pružnosti a spočívá ve stanovení maximálního ohybového napětí v kritickém místě podle vztahu $\sigma_{\max} = M_{\max} / W_0$, kde $M_{\max}$ je maximální ohybový moment a W_0 je průřezový modul v ohybu v kritickém místě čepu. Je zřejmé, že tento způsob analýzy poskytuje pouze informaci o tzv. nominálních hodnotách napětí $\sigma_{\max} = \sigma_{\max N}$ v kritických místech čepů, avšak nedovede postihnout vliv tvarových změn na napjatost safírového čepu, tj. neumožní posoudit v těchto místech nebezpečnost vznikajících koncentrací napětí. Koncentrátory napětí jsou v běžné výpočtářské praxi zohledňovány zaváděním tzv. součinitele koncentrace napětí α , který je definován vztahem $\alpha = (\sigma_{\max} - \text{skutečné}) / (\sigma_{\max N})$. Předpokládá se, že $\sigma_{\max}$ - skutečné je možné stanovit některou z přesnějších analýz, např. analyticky, numericky pomocí metody konečných prvků, nebo některou experimentální metodou pro analýzu napětí.

Tento přístup využívá numerického modelování stavu napjatosti v celém objemu čepu se všemi podstatnými, z vyšetřovaného hlediska, tvarovými zvláštnostmi. V prezentovaném případě byl pro analýzu čepů využit výpočetní systém MKP ANSYS.

Pro oba výpočtové modely se předpokládá zatížení čepu osamělou silou působící na volném konci čepu, resp. na hraně zkosení konce čepu, tj. v takovém místě, kde bude nejpravděpodobnější dotyk zatěžovacího přípravku při výstupní kontrole.

Ohybové normálové napětí $\sigma_{\max N}$ v kritickém místě všech čepů stanovované podle výše uvedeného vztahu i rozložení ohybového normálového napětí SY, které má stejný směr jako $\sigma_{\max N}$, a maximálního hlavního napětí SIG1 stanovované pomocí MKP je vhodné spočísti pro jednotkové zatížení $F = 1 \text{ N}$. Maximální přípustná síla $F_{\max}$ pro zatížení lineárně elastického čepu je pak snadno nalezena ze znalosti kritického napětí, které odpovídá ohybové pevnosti σ_{POH} safírového materiálu. Tedy $\sigma_{\text{POH}}/F_{\max} = \sigma_{\max}/1$, odkud $F_{\max} = \sigma_{\text{POH}}/\sigma_{\max}$.

Poznamenejme, že v daných souvislostech se pro křehký safír jeví nejvhodnější zvolit za $\sigma_{\max}$ maximální hodnotu SIG1 stanovenou pomocí MKP. Napětí SIG1 a SY se ve skutečnosti budou jen nepatrně odlišovat, přičemž vždy platí $\text{SIG1} > \text{SY}$.

Pro výpočet namáhání čepu podle vztahu technické pružnosti se předpokládá, že čep je vetknut do absolutně tuhé stěny, zatímco pro řešení MKP je možné uložení čepu modelovat jako vetknutí do poddajného prostředí, teflonové hmoty, ze které bude zhotoveno pouzdro, do kterého bude vkládán čep při výstupní kontrole. Mechanické charakteristiky teflonu jsou podle [2] rovny: Youngův modul pružnosti $E_{\text{Tef}} = 400 \text{ MPA}$, mez pevnosti v tahu 14 - 30 MPa.

Ve všech výpočtech byly uvaženy následující materiálové charakteristiky safíru [1]: Youngův modul pružnosti $E_{\text{SAF}} = 4.56 \times 10^5 \text{ MPA}$, konfidenční rozsah meze pevnosti v ohybu $\sigma_{\text{POH}} = 680 \text{ až } 880 \text{ MPA}$.

3. VÝSLEDKY A ZÁVĚR

Uvedenými přístupy byly stanoveny maximální hodnoty napětí pro jednotkové zatížení čepů a rovněž konfidenční rozsah velikosti zatěžující síly $F_{\max}$. Konfidenční rozsah pro $F_{\max}$ odpovídá konfidenčnímu intervalu ve stanovení σ_{POH} pro skupinu vzorků "E" v [1]. Dále byly stanoveny hodnoty součinitelů koncentrace napětí spočtených dle $\alpha = (SY_{\max}) / \sigma_{\max N}$ pro jednotlivé tvary vrubů v kritickém průřezu čepů.

Izoplochy napětí stanovené pomocí MKP a ostatní konkrétní hodnoty budou pro jednotlivé čepy prezentovány na konferenci EAN.

Na jejich základě lze stanovit požadovanou velikost dovoleného zatížení F_{DOV} při výstupní kontrole čepů vhodnou volbou míry bezpečnosti $k > 1$ podle v Úvodu uvedeného vztahu.

LITERATURA

- [1] POTĚŠIL, A.: Výpočet příčného zatížení safírových čepů pro stomatologické aplikace. LEM 92-9, VŠST Liberec, prosinec 1992, /Vypracováno podle HS pro Preciosa a.s. Turnov/.
- [2] Černochoch, S.: Strojně technická příručka. SNTL Praha, 1968.
- [3] Výkresová dokumentace safírových čepů pro dentální aplikace. Preciosa a.s. Turnov, 1992.

Antonín Potěšil / Doc., Ing., CSc.

LEM-KMP VŠST Liberec / Komenského 2, 460 01 Liberec 1

Telefon (048)21847 / FAX (048)23317

Josef Jindra / Ing.

Preciosa a.s. Turnov / Přepeřská 1447, 511 01 Turnov

Telefon (0436)52173 / FAX (0436)21263