

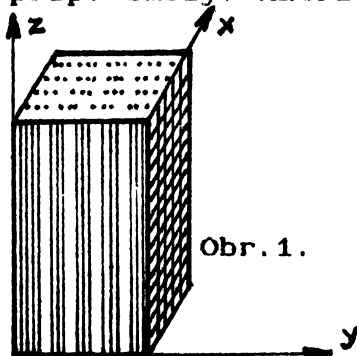
J. Jírová, S. Junková, J. Kratěna, Ústav teoretické a aplikované mechaniky ČSAV, Praha 2, Vyšehradská 49,
F. Kolář, Ústav geotechniky ČSAV, Praha 8, V Holešovičkách 41

Uhlíková vlákna nacházejí stále širší uplatnění v medicíně. Dosud nejrozšířenější klinické použití je v oblasti náhrad šlach a vazů. U náhrad kostí nebo při aloplastice se vyskytují uhlíkové kompozity zatím spíše ve stádiu experimentálního ověřování, aplikace jsou pouze ojedinělé. Základní předpoklad umělých materiálů pro použití v lidském těle, tj. biokompatibilita, je uspokojivě splněna. Dosud nedorozřešeným problémem jsou některé mechanické vlastnosti, jako je např. nízká únavová pevnost. Výhodou kompozitních materiálů s uhlíkovými vlákny je možnost řešit poměr podélné a příčné pevnosti změnou objemového podílu vláken.

Endoprotéza kyčelního kloubu z uhlíkového kompozitu, která byla vyrobena v Poldi s.o. Kladno a experimentálně ověřena v ÚTAM, byla z materiálu "ИHTOCT-I" dodaného ze SSSR. Byly provedeny únavové zkoušky, chemický rozbor složení materiálu, výzkum mechanických vlastností a byl porovnán pomocí fotoelasticimetrie stav napjatosti endoprotézy z dodaného kompozitního materiálu s endoprotézou stejného tvaru z materiálu izotropického.

Únavová pevnost endoprotézy byla zjišťována pomocí dynamického elektrohydraulického válce MTS. Dřík endoprotézy byl pevně osazen do ocelového válce zhruba na polovinu své výšky a volný konec byl ponořen do Ringerova roztoku, který byl po celou dobu zkoušky zahříván na teplotu 36,5 °C. Sinusový průběh síly byl aplikován v rozsahu 0,5 - 2,5 kN s frekvencí zatěžování 25 Hz. Endoprotéza se porušila při celkovém počtu $6 \cdot 10^6$ cyklů, nebylo tedy dosaženo požadované pevnosti 10^7 cyklů. Porucha nastala ztrátou pevnosti delaminací tkaninových vrstev kompozitu vlivem smykového interlaminárního napětí.

Nízká únavová pevnost nás přiměla k tomu, abychom zjistili chemické složení obou komponent. Vzorek materiálu byl vyextrahován v Soxhletově přístroji kyselinou mravenčí. Tak byla oddělena tkanina od matrice. Tkanina, kepr 2/2, se skládá z monofilního vlákna tl. 12,5 μm s 50% obsahem tkaniny v kompozitu. Nízká pevnost vlákna a jeho velká tloušťka nasvědčují tomu, že jde o vlákna vyrobená karbonizací viskozy, příp. smoly. Matrice je tvořena polyamidem.



Obr. 1.

Pro zjištění mechanických vlastností byly provedeny tahové zkoušky pro vyšetřování modulů pružnosti, podélného a příčného přetvoření a pevnosti v tahu ve směru os y, z, jak je naznačeno na obr. 1. Průměrné hodnoty jsou uvedeny v tab. I. Endoprotéza byla vyrobena z vyznačeného kvádru tak, že její tloušťka byla ve směru osy x. Charakteristické hodnoty jsou velmi nízké ve srovnání s uhlíkovými vlákny používanými např. v letectví.

Tab.I. Mechanické vlastnosti uhlíkového kompozitu "ИНТОСТ-І"

Modul pružnosti		Poissonovo číslo		Pevnost v tahu	
E _y [MPa]	E _z [MPa]	μ _{yz}	μ _{zy}	R _y [MPa]	R _z [MPa]
4580	8540	0,17	0,32	9,6	128

Fotoelasticimetrie. Pro zjištění pole napětí navržené konstrukce jsme použili metodu reflexní fotoelasticimetrie. Způsob osazení a okrajové podmínky byly shodné s uspořádáním pro únavovou zkoušku. Na konstrukci endoprotézy byla nalepena reflexní vrstva o tl. 1 mm s konstantou optické citlivosti $K = 11,2 \text{ Nm}^{-1}$ a modulem pružnosti $E = 3200 \text{ MPa}$. Z izochromat (obr.2) je patrné, že v konstrukci dříku nejsou žádné koncentrace napětí, jejich velikost jsme tedy vyhodnocovali pouze na okraji. Na obr.2 jsou patrné skoky na izochromatických čarách v místech spojení jednotlivých lamin. Pro porovnání je uveden systém izochromatických čar pro konstrukci stejného tvaru z izotropického materiálu (obr.3).

Závěr. Výsledky výzkumu prokázaly nevhodnost použití materiálu "ИНТОСТ-І" pro výrobu endoprotéz. Materiál má nízkou statickou i únavovou pevnost v důsledku použití nevhodných komponent.

