

Oponentní posudek

disertační práce Mgr. Aleše Bezrouka

Fyzikální model spirálního stentu

Umělé výztuže tkání trubicového tvaru, jako jsou cévy, části zažívacího nebo dýchacího ústrojí apod., označované jako stenty, se staly jedním z důležitých podpůrných předmětů v medicíně. Pomáhají zachraňovat životy a snižují náklady na chirurgické zákroky, ale i pooperační rizika. Na světě se ročně vyrobí stenty za více než tři miliardy dolarů, a jejich použití se stále rozšiřuje. Jakékoliv kroky k jejich zdokonalení jsou proto velmi cenné.

Posuzovaná disertační práce je věnována zmíněným výztužím – stentům. Má 150 stran včetně soupisu literatury a symbolů. Po krátkém úvodu jsou formulovány cíle disertace. Vlastní práci lze rozdělit do tří částí. V první jsou popsány hlavní druhy stentů z hlediska konstrukčního řešení a materiálů. Ve druhé části je navržen matematický model spirálového stentu, a třetí část se zabývá jeho experimentálním ověřením.

V rešeršní části práce jsou podrobně probrána různá konstrukční uspořádání stentů (kap. 5.1) a materiály pro jejich výrobu. Důležité jsou speciální vlastnosti chemické (odolnost vůči korozi, biokompatibilita) a mechanické (tvarová paměť, superelastická a superplastická). Tyto vlastnosti jsou podrobněji popsány v kapitole 5.2.

Těžiště odborné části práce představuje kapitola 5.3, kde disertant vytvořil matematický model spirálního stentu. V podstatě se jedná o soustavu protiběžně vinutých šroubovitých pružin navzájem propojených paralelně tak, aby při zatížení osovou silou se jejich celkové uspořádání neměnilo. Proti běžným pružinám užívaným v technické praxi se pružiny ve spirálovém stentu liší velkým sklonem vinutí a velkými deformacemi při zatížení (změna průměru a délky). Vzorce, které bývají uvedeny v literatuře, se zabývají jen pružinami s malým sklonem vinutí a malými deformacemi, takže analytické vztahy odvozené v disertační práci jsou původní.

Doktorand nejprve popsal základní geometrii jednoho závitu pružiny a odvodil relace mezi sklonem úhlu vinutí a průměrem a délkou stentu. Dále odvodil vztahy mezi změnou úhlu sklonu vinutí a axiální silou, radiální silou a radiálním tlakem. Z nich potom vyjádřil analyticky závislost mezi osovou silou a délkou stentu, a mezi osovou silou a změnou průměru a radiálním tlakem. Pro velké deformace jsou tyto vztahy nelineární.

V další části (kap. 6) doktorand popisuje experimenty, které prováděl na speciálně připravené měřicí soupravě pro ověření své teorie. V lázni při kontrolované teplotě měřil změny geometrie stentu v závislosti na osově síle. Naměřená data vyhodnocoval pomocí dvou modelů – zjednodušeného lineárního (pro malé deformace), a nelineárního. Ukázalo se, že nelineární model, navržený v kap. 5.3, se ve velkém rozsahu deformací výborně shoduje s naměřenými hodnotami, což potvrzuje správnost odvozených vztahů.

Po experimentální části následuje v disertační práci obecná diskuse k měření a jejich vyhodnocování, a závěr se shrnutím výsledků.

Celkové hodnocení

Téma disertační práce je velmi aktuální. Hlavní přínos spočívá ve vytvoření (původního) analytického modelu spirálového stentu, a v experimentálním ověření jeho vhodnosti. Poměrně jednoduchý, avšak zcela obecný model může být využit pro navrhování stentů pro

konkrétní podmínky, i pro ověřování jejich vlastností při výrobě, a má tedy význam pro rozvoj zdravotní techniky a zlepšování zdravotní péče.

Disertační práce splnila všechny cíle, vytčené v jejím úvodu. Doktorand užil teoreticko – experimentální přístup, který se v přírodních vědách osvědčuje nejlépe. Samotný přístup k řešení byl velmi důkladný a pečlivý. (Dalšího zpřesnění odvozených vztahů, avšak pouze malého, by snad šlo dosáhnout jenom zohledněním relativně velkých ohybových deformací drátu v místech atraumatických konců.) Text práce je srozumitelný; doktorand dokonce na některých místech dal přednost srozumitelnosti před exaktním, resp. elegantním vyjádřením (např. na str. 61, 78). Formální úprava práce je dobrá. K náplni nemám zásadní kritické připomínky, snad jen to, že na několika místech mohl být text stručnější. Doktorand např. podrobně odvozuje vztahy pro kvadratické momenty průřezu drátu v kroucení a ohybu; toto odvození lze ale najít v každé základní učebnici pružnosti pro vysoké školy. Na druhou stranu mohl věnovat více pozornosti přečtení textu a odstranění překlepů nebo pravopisných chyb. Protože jsem jich našel více, uvedl jsem je v samostatné příloze, a bylo by vhodné, kdyby je doktorand z konečné verze disertace odstranil. Uvedené chyby však nijak nesnižují odbornou úroveň práce.

Do odborné rozpravy mám následující dotaz. „*Mohl by doktorand stručně naznačit, jak by se postupovalo při posuzování vlivu změn tlaku v cévě na změnu průměru stentu (a cévy), a to s přihlédnutím k tuhosti stěny cévy?*“ (Stačí uvažovat malé deformace a lineární vztahy.)

Celkově lze říci, že doktorand prokázal, že je schopen řešit velmi náročnou problematiku, odvozovat složité vztahy z oblasti geometrie a mechaniky, a připravit, provádět a vyhodnocovat náročné experimenty a měření. Ukázal, že je schopen získávat nové poznatky a kriticky je hodnotit. Celkově práce potvrzuje jeho vědeckou způsobilost a splňuje podmínky stanovené pro doktorskou disertační práci. Doporučuji, aby pan Mgr. Aleš Bezrouk byl připuštěn k její obhajobě, a aby mu v případě úspěšné obhajoby byla udělena

doktorská hodnost PhD.

1. 6. 2007

Prof. Ing. Jaroslav Menčík, CSc.
Univerzita Pardubice

Soupis (některých) překlepů v disertační práci.

Podle Pravidel českého pravopisu (např. vydání z r. 1978) je sedmý pád od slova síla „silou“, a nikoliv „sílou“. Tento výraz se vyskytuje na stranách 73, 83, 84, 98, 99, 100 (3x), 102 (2x), 103, 110, 111 (4x).

Na stranách 60 a 106 je místo výrazu „atraumatické konce“ psáno „autraumatické“ (v popisu obr. 38 a 56), a dokonce „traumatické“ (popis k obr. 57).

Str. 67, 4. ř. zdola: „dále“.

Str. 81: „do vztahu popisujícího“.a

Str. 91, 7. ř. shora: „Obě poloviny“.

Str. 92 a 93: „celkový moment“

Str. 94, 1. ř. zdola: „na úhlu“.

Str. 102: „hledaný transformační vztah“.

Str. 105, 13.ř. – „konkrétnímu pacientovi“ (nikoliv „pacientovy“).

Str. 133: „austenitický stav“.

Str. 144, 3. ř. zdola: „autoři vycházeli“.

Chyby v soupisu literatury:

[2] ... Artery wall (místo Artury wall),

[6] ... Biomechanics,

[10] ... Physica Scripta,

[12] ... Applied,

[24] ... Innsbruck,

[26] ... Drdla, Pružnost a pevnost.