

Prof. RNDr. Bohuslav Stríž, DrSc.
KTT

Oponentní posudek
disertační práce Ing. Ondřeje Nováka
„3D netkané textilie ve zdravotnictví – simulace chování matrací při zatěžování“

Disertační práce je věnována studiu vlastností matrací umožňujících předcházet vzniku dekubitů (proleženin), případně zabránit jejich rozvoji. Je významná pro vývoj a zdokonalování zdravotnických prostředků pro ležící pacienty.

V první části disertace autor definuje dva typy matrací pro účely zdravotnictví – aktivní a pasivní. Práce je zaměřena na studium vlastností pasivních matrací. Uvádí typy využívaných materiálů, především polyuretanových pěn (PU) a netkané kolmo kladené textilie (3DNT). Zabývá se také kompozitními potahy matrací. Zdůrazňuje nelineární chování materiálů používaných pro konstrukci matrací. Testování matrací lze provádět pouze tzv. „humánní“ zátěží – zdravou osobou. Pro řešení simulačních úloh je využívána MKP pro stanovení kontaktního tlaku mezi pacientem a matrací a vlivu druhu potahu.

Ve druhé části práce jsou popsány příčiny vzniku dekubitu. Zabývá se vlivem působícího tlaku, vlivem smykového napětí, vlivem potahu. Popisuje také chemické vlivy, teplotu, vliv doby působení tlaku. Autor uvádí publikace zabývající se touto problematikou (Hanuš a Novák a další).

Disertant se také zabývá pracemi využívajícími MKP k dané problematice a jejich výsledky. Je uvedeno velké množství prací a použitých programů. V části 2.3 popisuje principy přímého měření kontaktního tlaku a jejich výsledky od různých autorů.

V třetí části práce disertant definuje hlavní cíl práce, a to vytvoření simulačního modelu pro popis mechanických vlastností použitých materiálů a pro stanovení kontaktního tlaku matrace potažené předpjatou potahovou látkou. Uvažuje pouze mechanické vlivy, vylučuje relaxaci a creep. Využita je metoda konečných prvků (MKP). Popisuje 5 dílčích kroků pro řešení náročné úlohy. To je obsahem rozsáhlé disertační práce.

Ve čtvrté kapitole práce je dána problematika nelineárních anizotropních materiálů. Jsou popsány základní vztahy mechaniky kontinua vztažené k vlákněným útvarům a obecně k textiliím. Autor se zabývá kinematikou přetvoření kontinua. Zavádí Lagrangeův a Eulerův popis souřadnic a z nich plynoucí definice tenzoru materiálového deformačního gradientu F , tenzoru protažení U , tenzoru rotace R . Na jejich základě definuje některé známé tenzory deformace. Zavádí parametr „ m “, kterým se rozlišují. Uvádí dva typy logaritmického tenzoru deformace, ale v přehledu literatury, je práce Dr. Poživilové definující nejobecnější třetí tvar málo používaného logaritmického tenzoru deformace.

Tenzorům deformace odpovídají různé typy tenzorů napětí pro parametry m , které jsou vztaženy k základnímu tenzoru tzv. Cauchyho tenzoru skutečných napětí (4.27). Disertant uvádí typy tenzorů napětí aplikované v programech MKP. Ve vztazích (4.30) a (4.31) je nedopatřením zaměněn tenzor rotace R Cauchyho tenzorem Σ . V tabulce 4.1 je to opraveno s malou chybou (v posledním vztahu chybí druhá závorka).

Dále se autor zabývá anizotropií materiálů – jejich popisem. Omezuje se pouze na ortotropní a transverzálně izotropní modely využívané v MKP. Zabývá se také po částech lineárně elastickým materiálovým modelem (obr. 4.3), kdy nevzniká hystereze materiálu. Stručně popisuje model nelineárně elastického materiálu a modely hypoelastického a hyperelastického materiálu a jejich zjednodušené varianty. Zvlášť se zabývá modely

anizotropních hyperelastických materiálů (str. 32 – 35). Věnuje pozornost také viskoelastickým modelům materiálů, kde aplikuje Maxwellův a Kelvinův model a tvary creepových poddajností (4.76) a (4.80).

V páté části práce disertant popisuje experimentální zařízení, včetně vlastního typu zatěžovacího tělesa, a také popisuje zařízení pro snímání a vyhodnocování kontaktního tlaku mezi fyziologickou zátěží a matrací.

V šesté části práce se autor zabývá experimentálními vlastnostmi použitých materiálů – polyuretanové pěny (PU), potahovou textilií a jejich kombinací modelem matrace. Popisuje experimenty s potahovou textilií, polyuretanovou pěnou a matrací bez potahu a s potahem. Výsledky získaných kontaktních tlaků jsou pro různé varianty na obr. 6.12 – 6.17 a jsou dále využívány pro porovnání s výsledky simulací MKP.

V sedmé části práce je uveden popis simulace MKP a způsob sestavování simulačních úloh. Byl vybrán program PAM-CRASH společnosti ESI GROUP. Program je dostatečně obecný pro různé varianty modelů materiálu a způsobu zatěžování. V práci je dán postup tvorby výpočtového modelu a tvorba sítě pro MKP. Uvádějí se matematické podklady pro tento program. Řeší se dvě úlohy – zatěžování rovinou deskou a zatěžování koulí materiálu PU pěny. Totéž pro potahovou textilií a jejich kombinaci ve výrobku matrace.

V osmé části práce jsou popsány výsledky simulací a jejich zhodnocení. Na 31 stranách práce jsou postupně uvedeny výsledky získané zatěžováním PU pěny rovinou deskou, tělesem ve tvaru koule, dále geometrie přetvoření potahové textilie zatíženou jednoose v podélném a příčném směru. Dále je popsáno namáhání dvouosé s posuvy uzlů a výsledná napjatost. Je dáno vyhodnocení deformací a napětí matrací s jádrem 3DNT a matrací s jádrem PU pěny. Závěrem kapitoly se hodnotí odlišnosti experimentálních a simulovaných hodnot tlaků, dále rozdíly hodnot napětí v 3DNT a PU pěně a uvádí se příklad optimalizace parametrů matrace. Zdůrazňuje se, že pomocí simulačního modelu lze určit vhodné vlastnosti jádra matrace i potahu, jeho předpětí a tím dosáhnout požadovaného kontaktního tlaku. Není tedy nutno provádět experimenty na větším počtu variant matrací.

V deváté, závěrečné části práce je zhodnocen její přínos a dána doporučení pro její aplikace matrací pro zdravotnické účely.

Celkové hodnocení:

Práce má velmi dobrou úroveň v teoretické i experimentální části a je velmi hodnotným příspěvkem k řešení problému výzkumu moderních zdravotních matrací. Obsah doktorské disertační práce splňuje vytčené cíle. Autor prokázal hluboké znalosti oboru, v práci hodnotil dosažený stav vědeckých poznatků a uvedl rozsáhlý přehled literatury v uvedeném oboru (celkem 60 titulů).

Předložená práce představuje další podstatné rozpracování tématu a svými výsledky a závěry rozšiřuje a obohacuje dosažené poznatky. Po formální stránce je práce dobře zpracována, výklad je jasný s logickým sledem kapitol, tabulky a obrázky jsou přehledné. Použitá terminologie je správná. V práci nebyly nalezeny věcné chyby nebo nepřesnosti (kromě záměny veličin Σ a R ve vztazích (4.30) a (4.31)).

Doporučuji proto, aby předložená doktorská disertační práce byla přijata k obhajobě a Ing. Ondřeji Novákovi udělena vědecká hodnost Ph.D.


Prof. RNDr. Bohuslav Stráž, DrSc.

V Liberci 2.3.2011

OPONENTNÍ POSUDEK

Disertační práce: **3D netkané textilie ve zdravotnictví – simulace chování matrací při zatěžování**

Autor: **Ing. Ondřej NOVÁK**

Oponent: **doc. Ing. David HERÁK, Ph.D.**
Katedra mechaniky a strojnictví, Technická fakulta,
Česká zemědělská univerzita v Praze

Stručný obsah disertační práce

Předkládaná disertační práce se zabývá modelováním materiálů, které se používají pro výrobu matrací pro prevenci vzniku dekubitů. V úvodu disertační práce jsou popsány vědecké publikace se vztahem k řešené problematice a jsou určeny důležité mechanické vlastnosti, které mají význam pro účinnost matrací proti vzniku dekubitů. V rešeršní části disertační práce jsou také stanoveny základní vztahy mechaniky kontinua, konjugované dvojice a významné materiálové modely aplikované v metodě konečných prvků. Proces výběru vhodného simulačního programu je proveden na vzorcích PU pěny zatěžované odlišně tvarovanými tělesy. Pro testování potahové textilie je v disertační práci sestaven model jednoosého zatěžování, který je následně použit pro model dvouose předepjaté potahové textilie matrace. Výsledné simulační modely jsou aplikovány pro dvě odlišná jádra matrace překryté předepjatým potahem. Výsledky simulace jsou porovnávány s výsledky, které byly stanoveny experimentálně. V závěru disertační práce jsou popsány možnosti optimalizace vlastností pomocí navrženého modelu a náhrada zatěžovacího tělesa figurínou.

Stanovené cíle

Hlavním cílem disertační práce bylo vytvoření simulačního modelu pro popis mechanických vlastností a pro stanovení kontaktního tlaku matrace potažené předepjatou potahovou látkou. Cíle disertační práce byly dále blíže specifikovány.

- Popis důležitých vztahů mechaniky kontinua
- Výběr vhodného programu pro vytvoření a řešení simulačního modelu
- Sestavení testovacích simulačních modelů
- Návrh a realizace zařízení pro stanovení materiálových parametrů

- Řešení simulačních úloh a experimentální porovnání hodnot simulačního modelu a reálné matrace

Dle mého názoru lze konstatovat, že všechny cíle disertační práce byly splněny.

Rozbor současného stavu

Pro rozbor současného stavu čerpal doktorand z vědeckých prací, odborných knih, sborníků konferencí a publikací z prestižních mezinárodních vědeckých časopisů. Ve stručné ale výstižné formě na 17 stranách popsal doktorand příčiny vzniku dekubitů a také principy přímého měření kontaktního tlaku, který právě vznik dekubitů ovlivňuje. V rešeršní části disertační práce jsou uvedeny jednotlivé modely MKP používané různými autory a je zde diskutováno nad vhodností jejich použití pro tento řešený případ. Diskuze je podložena referencemi uvedenými v použité literatuře.

Teoretický přínos

Doktorand sestavil teoretický model mechanického chování, který může být použit pro řešení problematik mechanického chování nehomogenních anizotropních entit pod tlakovým zatížením nejenom v oboru „Textilní technika“, ale také v rozličných vědních oborech jako je například „Agricultural Engineering“ či „Biosystems Engineering“. Disertační práce má multidisciplinární teoretický přínos.

Praktický přínos práce

Doktorand prokázal možnost použití modelů MKP pro řešení dané problematiky a tyto modely ověřil na provedených experimentech. Z jeho výsledků vyplývá možnost použití simulačních metod pro průmyslový návrh zdravotních 3D netkaných matrací ve zdravotnictví.

Vyjádření k postupu řešení a použitým metodám

Postup řešení je logický a systematický. Autor formuluje v úvodu cíle své práce, které jsou postupně v dalších kapitolách práce splněny. Použité postupy a metody zcela odpovídají potřebám provedené rešerše a výzkumu. Metody byly vhodně zvoleny a také vhodně aplikovány, což vedlo k úspěšnému vyřešení dané problematiky.

Zhodnocení významu disertační práce pro obor

Doktorand jednoznačně prokázal nejenom odpovídající znalosti v oboru „Textilní technika“, ale také ve vědních oborech příbuzných.

Vyjádření k výsledkům a původnosti konkrétního přínosu

V disertační práci jsou uvedeny zcela konkrétní původní výsledky a to jak z oblasti metodické tak také v oblasti experimentální. Doktorand vhodně používal citované prameny a vhodně využil své znalosti z oboru „Textilní technika“ a oborů příbuzných.

Formální úroveň práce

Předložená disertační práce má 112 stran textu a 12 stran příloh. Obsah disertační práce a náplň jednotlivých kapitol je v souladu s požadavky studijního a zkušebního řádu TU v Liberci. Disertační práce je zpracována pečlivě, logicky, srozumitelně a na velmi dobré technické úrovni s velkým množstvím přehledných barevných grafů a obrázků. V textu disertační práce je také několik drobných formálních nesrovnalostí, například odkazy na obrázky jsou mnohdy uvedeny až za uvedenými obrázky (str. 20) či nejasné označení symbolů v grafech (MD, MC). Dle mého názoru by bylo vhodné také práci doplnit o závěrečnou kapitolu s názvem „Závěr“ a v této kapitole velmi stručně shrnout výsledky disertační práce. Tyto drobné formální nesrovnalosti však nejsou dle mého názoru nijak zásadní a nestěžují orientaci v textu disertační práce.

Hodnocení publikační činnosti

Doktorand se věnuje publikování výsledků svých vědeckých prací již od roku 2000. Své práce prezentoval na několika prestižních mezinárodních symposiích a publikoval v prestižních mezinárodních vědeckých časopisech. Doktorand má dokonce několik záznamů svých publikací v prestižní databázi „Web of Science“.

Celkové zhodnocení

Doktorand prokázal schopnost samostatné vědecké práce, prokázal vysokou kvalifikaci ve svém oboru a prokázal, že dokáže své znalosti prakticky aplikovat. Z disertační práce je zřejmé, že doktorand dokáže najít podstatu vědeckého problému a vhodnými metodami tento problém vyřešit.

Otázky k obhajobě

1. Můžete blíže specifikovat, podle čeho a jak jste navrhl zatěžovací těleso pro zatěžování modelů matrací (str. 42)?
2. V textu (např. str. 46) uvádíte pojem tuhost s jednotkami kPa při deformaci 25%, můžete prosím blíže vysvětlit tento pojem? Tuhost má totiž většinou jednotku N/mm.
3. Při vyhodnocení a porovnání výsledků experimentů a simulací postrádám statistické hodnocení, jako je např. ANOVA, bylo toto hodnocení prováděno? Jestli že ano s jakými výsledky?
4. Lze očekávat, že teplotní působení či vlhkost ovlivní chování materiálů použitých v simulačním modelu. Lze tyto vlivy zohlednit v navrženém simulačním modelu?

Závěrečné vyjádření

Doktorand Ing. Ondřej Novák, podle mého názoru, předložil disertační práci splňující požadavky dle studijního a zkušebního řádu TU v Liberci a doporučuji proto, dle zákona č. 111/1998 Sb., panu **Ing. Ondřeji Novákovi**, po úspěšné obhajobě, **udělit akademický titul „doktor“** (ve zkratce Ph.D. uváděné za jménem).

V Praze dne 1.3.2011.

doc. Ing. David Herák, Ph.D.

