

Děkan
doc. Ing. Miroslav Malý, CSc.
Fakulta strojní
TU v Liberci
46117 Liberec, Studentská 2

Posudek disertační práce pana Ing. Phan Thanh Nhan s názvem

*Experimental and Analytical Study of Thermo-Mechanical Properties of Composites
Fabricated from Geopolymer Matrix Reinforced Woven Fabrics*

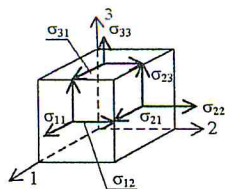
*Experimentální a analytický výzkum termo-mechanických vlastností kompozitních
materiálů tvořených geopolymerní maticí vyztužených tkaninou*

Autor posudku: doc. Ing. Radim HALAMA, Ph.D.

Předložená disertační práce se věnuje tématu stanovení termo-mechanických vlastností kompozitu na bázi geopolymerní matrice vyztužených tkaninou, a to s využitím analytického, numerického i experimentálního přístupu. Geopolymerní materiály umožňují výrobu kompozitů se specifickými vlastnostmi jako je nízká tepelná vodivost, odolnost proti vysokým teplotám, anorganickým rozpouštědlům a nacházejí čím dál větší uplatnění v aplikacích nejen automobilového a leteckého průmyslu. Prováděný výzkum termo-elastických vlastností kompozitů s geopolymerní maticí má tedy velký význam pro technickou praxi a je zcela aktuální.

Hned na úvod lze konstatovat, že cíl práce, uvedený v úvodní kapitole, byl beze zbytku splněn. Disertační práce je vhodně strukturována. Přehled stávajícího stavu řešené problematiky, jenž je obsahem kapitoly druhé, je dostatečně obsáhlý. Následující kapitola je teoretickým základem pro provedení a vyhodnocování experimentů i realizaci numerických simulací zkoumaného typu kompozitu. Ve čtvrté kapitole je rozebrán způsob stanovení termo-elastických vlastností výztuže a matrice, včetně popisu použitých přístrojů a zkušebních strojů. Pátá kapitola je již věnována analytickému řešení a numerickému řešení na základě využití MKP balíku Ansys a software TexGen. Šestá a sedmá kapitola jsou orientovány na potenciální aplikace, respektive závěry a náměty pro další výzkum.

Zvolené metody řešení jsou relevantní a ukazují na to, že téma práce souvisí s dlouhodobým zaměřením pracoviště. Dosažené výsledky analytického i numerického řešení



jsou konfrontovány s experimentálně zjištěným hodnotami termoelastických vlastností. Na základě výsledků srovnání je analytický přístup doporučován pouze pro stanovení elastických konstant, nikoliv však součinitele teplotní roztažnosti. Vyhodnocení numerických výpočtů by si zasloužilo větší prostor.

Dotazy na autora disertační práce:

- 1) Mohl by jste komentovat výsledky na obr. 4.20a,b? Zejména, prosím, vysvětlit, jakým způsobem bylo vyhodnoceno měření smykové poměrné deformace pomocí DICM. Chybí legenda u kontur prvního hlavního přetvoření.
- 2) Máte zkušenosti také s dalšími softwarovými nástroji pro homogenizaci, např. Digimat? Lze porovnat možnosti aplikace TexGen a Digimat pro problematiku kompozitů na bázi geopolymerní matrice s tkaninovou výztuhou?

Práce byla vypracována pečlivě po grafické i stylistické stránce. Z formálního hlediska lze upozornit na nejednotnost časopiseckých citací a chyby v české verzi abstraktu, nejedná se však na tolik závažné nedostatky, aby významně snižovaly význam disertační práce.

Doktorand prokázal, že ovládá vědecké metody a má hluboké teoretické znalosti v oboru aplikovaná mechanika. Stanovené cíle disertační práce byly splněny v celém rozsahu. Předložená disertační práce přináší nové poznatky, zejména v experimentální oblasti. Konstatuji, že je jednoznačně přínosem pro obor aplikovaná mechanika.

Na základě prezentovaného posudku doporučuji dle zákona č. 111/1998 Sb., §47 disertační práci pana Ing. Phan Thanh Nhan k obhajobě a v případě úspěšné obhajoby doporučuji udělit disertantovi akademický titul

“doktor”

V Ostravě dne 24.2.2014.

doc. Ing. Radim HALAMA, Ph.D.
FS VŠB-TU Ostrava
tel.: +420 597 321 288
e-mail: radim.halama@vsb.cz

Oponentní posudek doktorské disertační práce

Ing. Phan Thanh Nhana

„Experimental and analytical study of thermo-mechanical properties of composites fabricated from geopolymer matrix reinforced woven fabrics“

(Experimentální a analytický výzkum termo-mechanických vlastností kompozitních materiálů tvořených geopolymerní maticí vyztužených tkaninou)

Předložená doktorská práce v jazyce anglickém se zabývá modelováním a experimentálním stanovením mechanických a teplotních vlastností zvláštního druhu polymerních materiálů – geopolymérů. Těmto materiálům je v poslední době věnována vysoká pozornost pro jejich vlastnosti, počínaje výrobou až po aplikace, nejčastěji ve formě ochranných vrstev a adheziv.

Předložená doktorská práce p. Ing. Phan Thanh Nhana o 125 stranách se 64 obrázky, 30 tabulkami v základní části je rozdělena do sedmi kapitol, doplněných rozsáhlým seznamem (67 odkazů včetně nejnovějších) literatury k řešené problematice i seznamem vlastní publikační činnosti (z 8 je u 5 jediným autorem) spolu s dvěma přílohami s dalšími obrázky, grafy a výpisem programu.

V úvodu je na straně 16 uveden v přehledu cíl práce, který je o stránku dál rozepsán do přehledu kapitol. Předložená práce slučuje v sobě několik vysoce náročných úloh:

- 1) modelování ortotropního materiálu jak po stránce mechaniky tak i termomechaniky;
- 2) experimentální stanovení mechanických parametrů posuzovaného materiálu;
- 3) identifikace materiálových parametrů termomechanických;
- 4) aplikace moderních postupů a přístrojů pro realizaci experimentů v měřítku makro (kap.4.2-3) i mikro (kap. 4.2.4).

Každá z těchto úloh představuje dostatečně náročné zadání pro tento druh práce. Doktorand pojal shora uvedené zadání komplexně, ale s praktickými závěry o vhodnosti jednotlivých experimentálních metod, postupů i přístrojů.

V úvodních kapitolách své práce p. dizertant shrnuje poznatky o geopolymerních materiálech a provedení reálných vyztužení spolu s teoretickými základy laminační teorie až po kriteria porušení. V nejrozsáhlejší kapitole 4 jsou pak popsány případy uvažovaného modelu materiálu a identifikace materiálových parametrů. Svými výsledky je vysoce závažná kapitola 5, ve které jsou shrnuty postupy i výsledky numerické simulace elastického chování geokompozitů.

V závěrečné kapitole jsou shrnuty výsledky, prezentovány závěry a je provedena diskuze a naznačeny další problémy v řešení. Domnívám se, že v tomto výčtu budoucích stupňů v řešení (ne ve vlastní práci) chybí i dynamické vlastnosti struktury.

V práci jsem neshledal žádné odborné chyby. Práce, která je vypracována sice s velkou pečlivostí, ale po stránce jazykové čistoty je možno mít řadu připomínek, jako např. v titulu práce podle názoru oponenta chybí „by“ (reinforced by woven fabrics).

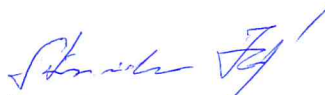
Práce jinak splňuje nároky na tento druh prací co do logického členění i náročnosti řešené problematiky i dosažených výsledků. Doktorand prokázal plně své schopnosti řešit závažný teoretický problém s praktickým dopadem. Neomezil se pouze na přebírání stávajících poznatků, ale v práci je jasně viditelný jeho vlastní přínos. Při sledování průběhu jeho prací a aktivit během studia na TU Liberec je zřetelné jeho zapojení jako do řešitelského kolektivu s výrazným vlastním přínosem.

K vlastnímu zpracování práce mám ale připomínky:

- 1) V přehledu veličin a symbolů postrádám údaj o jejich fyzikálních rozměrech;
- 2) V literárních pramenech nejsou dodržována obecná pravidla pro úplnou citaci např. místo konání akce či vydání, vydavatel a pod).

Přes tyto připomínky mohu předloženou doktorskou práci p. Ing. Phan Thanh Nhana „Experimental and analytical study of thermo-mechanical properties of composites fabricated from geopolymer matrix reinforced woven fabrics“ plně doporučit k obhajobě před komisí pro státní doktorské zkoušky Fakulty strojní Technické univerzity v Liberci a po jejím úspěšném obhájení doporučuji přiznat p. Ing. Phan Thanh Nhanovi doktorský titul Ph.D.

V Praze dne 17. 2. 2014



Prof. Ing. Stanislav Holý, CSc.

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta strojní
Ústav mechaniky
Odbor pružnosti a pevnosti
Technická 4, 166 07 Praha 6

Review of PhD thesis: Phan Thanh Nnah

Experimental and analytical study of thermo-mechanical properties of composites fabricated from geopolymers and woven fabric reinforcements

According to the title the thesis is devoted to preparation, measurement, modelling and evaluation of perspective types of composites. Thesis structure is modern: extended experimental work is followed by creation of models. Work contains abstract, introduction, necessary theory, experiment, model, short discussion and conclusion.

The abstract is a short form of the introduction only, to the author's pity. It focuses to the importance of the work, but it does not contain any obtained new experimental and modelling results, verification of models, scientific and practical importance of the results, first of all.

Introduction explains the practical importance of studied material. Following chapter, entitled Overview of literature, deals with geo-composite chemical structure found predominantly in monographs.

The third chapter contains necessary theory for the composite model creation. The short starting part deals with mechanical properties of textile reinforcement and the rest of chapter is devoted to the lamination theory. Each lamina is assumed to be reinforced by fabrics. In the chapter there are a few small inaccuracies that can lead to misunderstanding. For instance: On page 33 it is not clear how the first part of basic formula (3.12) was derived from the figure 3.8. The equation (3.28) on page 37 says that the Young modulus of the composite reinforced by woven fabrics is a linear combination of the matrix and fibre modules. Does it mean that no synergy effect exists?

The 4th chapter is the experimental one. It contains extended experiment from 3 areas: polymer matrix, textile fabrics and geo-composite reinforced by fabrics using the polymer matrix (largest part). A lot of samples were prepared and extensively measured. Not only the elastic parameters, but also the thermal properties were studied. The effects of composite degradation after composite exposing to high temperatures were studied too. The structure examination is presented briefly. The presentation of each type of sample processing is logical. First, the sample preparation or description (if bought) is made. Then the experimental method is described (and discussed, if necessary). Key results are shown in the form of tables and graphs. Finally, the discussion of results is made.

A big amount of creative work is in this chapter. I have found only negligible errors or omissions in this chapter, for instance:

1. The second row in the part 4.2.3 on page 43: What is the difference between deformation and strain?

2. Table 4.2 on page 48: What method was used for the mass density measurement? What is the reason of sample shrinkage? At what part of sample preparation is takes a place? How it was measured?
3. Fig. 4.10 on page 48: What is the meaning of straight lines? Approximation or extrapolation of linear dependence, or something another?
4. Page 49, the first row, and Fig. 4.11. Why the compression measurement was made? The tensile test is recommended, since the sample bending is eliminated. What are the main parts of one curve in Fig. 4.11?
5. Table 4.6 on page 53 and several other ones (table 4.3 on page 48, for instance): The strength, modulus and other quantities of elasticity exhibit both the material and measurement errors. Especially materials errors may be high. The use of four digits in the module value supposes high accuracy, much better than 1 %, which is not probable. If a lot of measurement were not made, it is not possible to verify such low error. In many cases maximally two digits should be used, if there are no reasons for higher accuracy.

The 5th Chapter is devoted to the theoretical prediction of geo-composite properties. The modelling is applied to the unit cell that is the elementary unit of composite structure repeated by the two-dimensional periodicity. Chapter main part is devoted to the models and the rest presents some results of finite element method. Two models were made: simple mosaic model that neglects the yarn curvature (crimp) and a more complicated crimp model of two versions. Inputs for both the models are unit cell geometry, yarn and matrix physical parameters. Irrespective of model simplicity, their mathematics is quite complicated. PhD student derived necessary extensive formulae and programmed the calculation in MATLAB. As for elastic parameters the agreement between model and experiment is good either for the simplest mosaic model. Thanks to author's mathematical erudition and programming skill interesting results were received. I have only several comments to this chapter. By the use of tensor calculus, the formulae will be simpler, better understanding and easily programming.. Poisson's ratio in Table 5.5 on page 86 seems to be too low. Typical value is 0.3. How experimental values of thermal coefficient α_z for plate thickness expansion in Table 5.7 on page 90 were obtained? They may be calculated from graphs in Fig. 4.26 on page 67. Evidently, the material or experimental errors are very high. Therefore, there is not a surprise as for the disagreement between model and experiment. Also, the material may be nonlinear.

Last two short chapters deal with possible applications of geo-composites and summarise achieved results (Conclusion). In the appendix there are graphs of shear testing, structure microphotographs after composite heating and MATLAB scripts.

May be that I have not read the thesis carefully, but I had not found any serious error. Some imperfections of low importance, however, exist. They are in the appendix at the end if this review.

For the general discussion I suppose these problems:

1. Summary and brief evaluation of methods used in the elasticity measurements.
2. Detailed explanation of optical part of method for shear strain measurement.

As for the official criterions I state the following:

Theme actuality and thesis goals. Thesis theme is an actual one. Composites are extensively studied and have a lot of new practical application. Most of them are mentioned in the work in Chapter 6, for instance. All the goals stated in the Chapter 1 on page 16 were fulfilled. In the experiment and models very much important creative work has been made and new results were obtained.

Used methods. Experiments were complete and used all the modern laboratory equipment. A lot of modern computational methods were used for the processing of experimental results. Suitable relatively simple models were prepared and processed by own programs. Combination of modern SW was used in finite element method. Irrespective of some language problems, the thesis is logically organized, used methods are explained, results are presented clearly in tables and graphs and completely discussed.

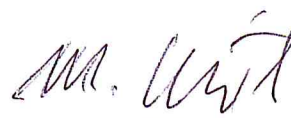
Results achieved. Main achieved results are outputs of complete experiment. Technically important parameters of textile reinforced composites were measured, not only elastic, but also the thermal ones. Attention should be taken to the fact that the effect of extreme conditions (very high temperature) was studied systematically. As new results we can consider also simple models that lead to the good agreement with experiment. If this fact will be confirmed by complete set of experiments, we get a method that can predict the properties of the product from its structure and parameters of the components without making expensive and time consuming experiments. PhD student is an author of 8 scientific publications, mainly in conferences.

Scientific importance. The contribution to practical and scientific area is in experimental results, mainly the effect of extremely conditions. Perspective robust models give the possibility to optimise the composite products without making expensive experiments.

Conclusion

It follows from the above that PhD student uses efficiently modern scientific methods, has practical experiences and deep theoretical knowledge. His work brings new results in scientific area. Therefore, I recommend inviting him to the scientific defence of thesis and after the successful defence to assign him the PhD degree.

Liberec March 4th, 2014



M. Košek