KOOPERACE SOFTWAROVÝCH SYSTÉMŮ LUCIA™ G, MATLAB®, FEMLAB PRO STUDIUM STRUKTURY TKANINOVÝCH KOMPOZITŮ.

Jana Salačová
Technická univerzita v Liberci, Katedra textilních materiálů

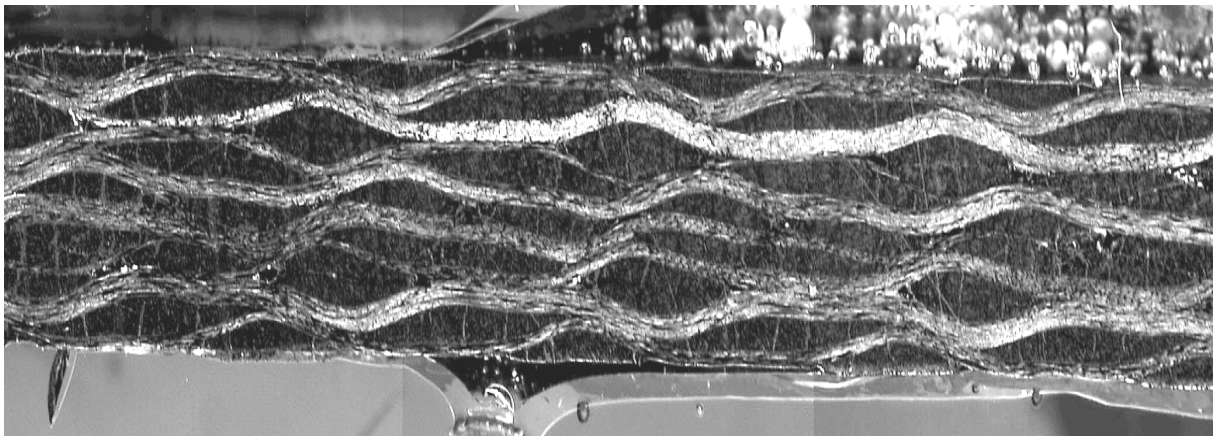
Abstrakt

Článek popisuje tři způsoby získávání a zpracování digitálních informací o struktuře tkaninových kompozitů. Struktura tkaninových kompozitů je specifická a poměrně složitá. Digitální informace o ní jsou potřebné pro predikci fyzikálních vlastností. K vyčíslení predikce fyzikálního chování se používá matematický nástroj MKP. Základní digitální informace pro vyčíslení jsou získávány systematickým studiem mikrofotografií struktury materiálu. Mikrofotografie struktury jsou pořizovány z příčných řezů kompozitních destiček. Na příčných řezech jsou dobře patrné strukturní prvky, tj zvlněné podélné vlákenné svazky a čočkovité průřezy kolmo kladených vlákených svazků. Tímto způsobem získáme základní digitální informace ve formátu *.jpg (softwarový systém LUCIA™ G). Informace se dále zpracovávají na formát *.mat v systému MATLAB a konečná digitální informace do formátu *.dxf a *.m (systém FEMLAB). Formát *.dxf je digitálním formátem vhodným pro vykreslení geometrických dat (tj struktury materiálu) v systému FEMLAB, formát *.m je vhodný pro zaznamenání digitální informace o hodnotách proměnných, údajích o nastavení okrajových podmínek, vlastností definovaných oblastí, datech popisujících generovanou síť a parametrů použitého řešiče (tj model).

Tkaninový kompozit

Kompozit je každý materiálový systém, který je složen z více (nejméně dvou) fází, z nichž alespoň jedna je pevná, s makroskopicky rozeznatelným rozhraním mezi fázemi, a který dosahuje vlastností, které nemohou být dosaženy kteroukoli složkou (fází) samostatně ani prostou sumací [2]. Mezi nejmodernější materiály patří kompozity s textilní výztuží. Textilní kompozit obsahuje několik vrstev textilní výztuže umístěných na sebe a prosycených matricí.

Pokud je textilní výztuží tkanina, jedná se o tkaninový kompozit. Viz Obr 1. Tkanina představuje systém kolmo kladených vlákenných svazků, vazba vzniká vzájemným proložením kolmo kladených svazků různým způsobem. Způsob proložení určuje typ vazby tkaniny, který má vliv na charakteristické prvky struktury. Ve struktuře na Obr. 1 jsou dobře patrné oba systémy vlákenných svazků tvořících tkaninu – podélné (zvlněné) a příčné (čočkovité) řezy vlákennými svazky – ve vazbě typu plátno.



Obr. 1 Detail reálné struktury příčného řezu kompozitní destičkou tkaninového kompozitu

Hlavní úlohou digitalizace je co nejlépe změřit a popsat obrysy čočkovitých a zvlněných řezů vlákenných svazků. Změny obrysů tkaniny po zapracování do kompozitu se jeví jako stochastické a tudíž popsatelné. Více viz [6].

Tkaninový kompozit představuje určitý pokrok ve vývoji textilních kompozitů. Pokrok znamenají strukturní prvky materiálu, které představují komplex výhod: možnost rovnoměrného rozložení vlákenných svazků ve vrstvách výztuže (vliv na homogenitu fyzikálních vlastností), možnost zlepšení mechanických vlastností zvýšením modulů pružnosti), případně snížení výrobních nákladů.

LUCIA ™ G

Softwarový systém LUCIA™ G (dále jen LUCIA) je softwarový systém pro analýzu barevného obrazu. Systém umožňuje komunikaci mezi snímacím zařízením (kamerou), snímací (grabbovací) kartou a počítačem. Rozlišení snímání a hloubka obrazu závisí na typu systému LUCIA, na grafických ovladačích systému MS Windows a na hardwarové konfiguraci počítačové stanice. Zpracovávají a analyzují se digitální obrazy s rozlišením 752 x 524 pixelu a hloubkou 24 bitu (3 x 8 bitu pro složky RGB). Výstupní informací je obraz-mikrofotografie připravená k dalšímu zpracování buď v softwaru LUCIA, nebo v jiných softwarech. Zpracováním se získají barevné a morfologické digitální informace o zkoumaných objektech, anebo vhodně opracovaný obraz-mikrofotografie použitelná pro dokumentaci. LUCIA používá pro uchování obrazové informace svůj vlastní formát tzv. LIM, nebo se dá přímo v LUCIA ukládat do standardních obrazových formátů jako např. JPG, BMP, TIF, RLE a další. Aplikace systému LUCIA pro tkaninové kompozity spočívá v nasnímání obrazů struktury příčných řezů struktury kompozitních destiček. Nevýhodou je malá pracovní plocha obrazovky počítače, takže nemůže být nasnímána celá kompozitní destička najednou, ale výsledný obraz musí být skládán z několika dílčích obrazů. Automatické skládání dílčích obrazů je více popsáno v práci [3]. Dílčí obraz struktury byl v systému předzpracováván nástroji obrazové analýzy tak, aby mohly být poznatky o způsobu zpracování použity pro složený obraz v systému MATLAB (podrobněji viz níže, 3. způsob). Výsledná digitální informace ze systému je ve formátu *.JPG, připravená pro použití v systému MATLAB.

MATLAB®

Softwarový systém MATLAB® je vysoce výkonný jazyk pro technické výpočty, integruje výpočty, vizualizaci a programování do jednoduše použitelného výpočtového prostředí [1]. Používá se v oblastech inženýrských výpočtů, vývoje algoritmů, modelování, analýzu dat, inženýrské grafice a tvorbě GUI. Základem MATLABu jsou algoritmy pro operace s maticemi. Výhodou je otevřená architektura, intuitivní pracovní nástroje, grafický subsystém a knihovna toolboxů.

Aplikace systému MATLAB® pro tkaninové kompozity dává řadu možností. V tomto článku aplikace spočívá v načtení základní digitální informace o struktuře (formát *.JPG) do workspace MATLABu a tím vytvoření zpracované digitální informace ve formátu *.mat s vlastním názvem proměnné. Dále bylo pracováno s proměnnými dvěma způsoby. První spočíval ve využití built-in funkcí MATLABu. Při druhém způsobu byl použit Image proccesing toolbox. Pro podrobnější informace viz způsob 2. a 3. níže a [4]. Při obou způsobech byl použit příkazový řádek MATLABu pro vytvoření FEM-struktury dat do workspace MATLABu. Blíže viz způsob 2. a 3. níže a [4]. Výsledným formátem z tohoto systému je digitální informace ve formátu *.mat.

FEMLAB

Softwarový systém FEMLAB švédské společnosti COMSOL je nadstavba výpočetního prostředí MATLAB, určená pro modelování a analýzu fyzikálních jevů jako jsou přenosy

tepla, proudění, akustika, elektromagnetismus, simulace jevů v polovodičích, pružnost a pevnost, chemické reakce, geofyzika a další [1]. Modelování a analýza fyzikálních jevů je matematicky řešena parciálními diferenciálními rovnicemi vedoucími k metodě konečných prvků. Výhodou FEMLABU je možnost kombinovat několik fyzikálních jevů najednou. Při hledání řešení se postupuje ve třech etapách: 1. preprocessing (příprava geometrie a vytvoření modelu řešené úlohy), 2. processing(vlastní řešení), 3. postprocessing (grafické zobrazení výsledků).

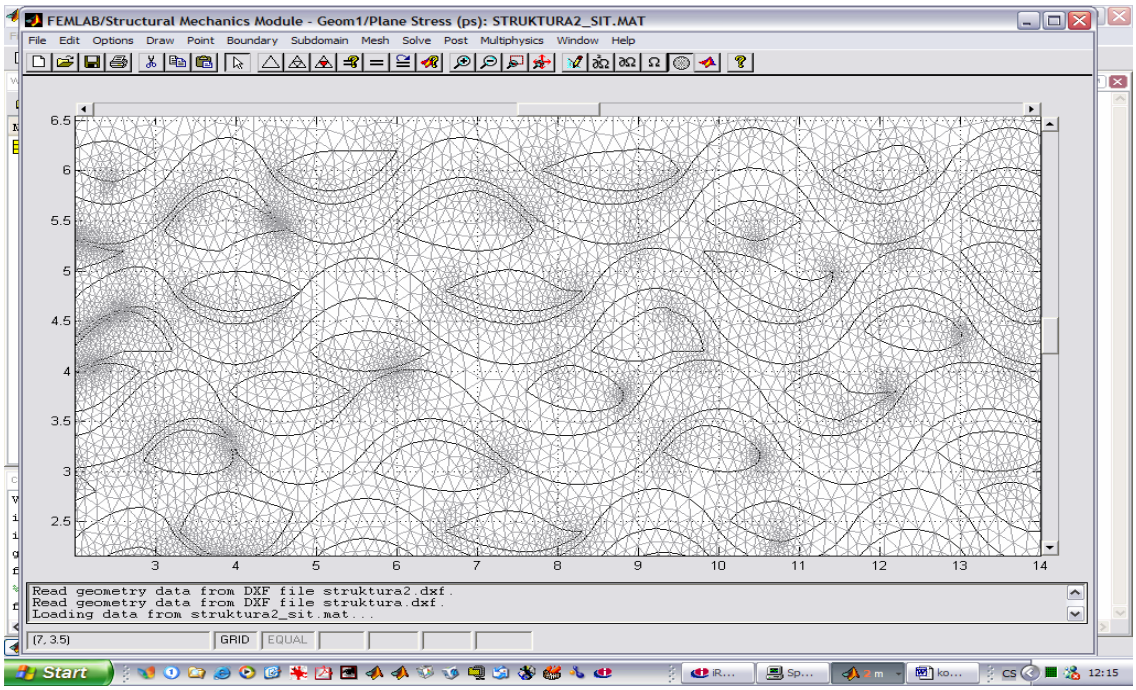
Aplikace systému FEMLAB pro tkaninové kompozity v tomto článku zahrnuje první dvě etapy. Byl vytvořen vlastní FEM-Model s vlastní datovou strukturou. Ta obsahuje nejenom geometrická data, ale také hodnoty proměnných, údaje o nastavení okrajových podmínek, vlastnosti definovaných oblastí, data popisující generovanou síť na modelu a parametry použitého řešiče. 3. etapa je ve stádiu rozpracovanosti, závisí na požadavcích trhu.

Realizace

Pro získávání digitálních informací o tkaninových kompozitech bylo použito počítačové stanice s procesorem Intel Pentium 4, 2.8 GHz, 512 MB RAM, operačního systému MS Windows XP, digitální kamery a grafické karty Grabhorr. Vzorky kompozitních destiček byli pořízeny z C/C kompozitu vyztuženého 8 vrstvami uhlíkové tkaniny ve vazbě atlas, kepr, plátno. Vrstvy byly lisovány třemi lisovacími tlaky 0.1 MPa, 0.3 MPa, 0.5 MPa.

K získání kvalitních digitálních informací byli navrženy, s využitím výše uvedených poznatků, tři způsoby:

1. Vykreslení celé geometrie struktury v systému FEMLAB.

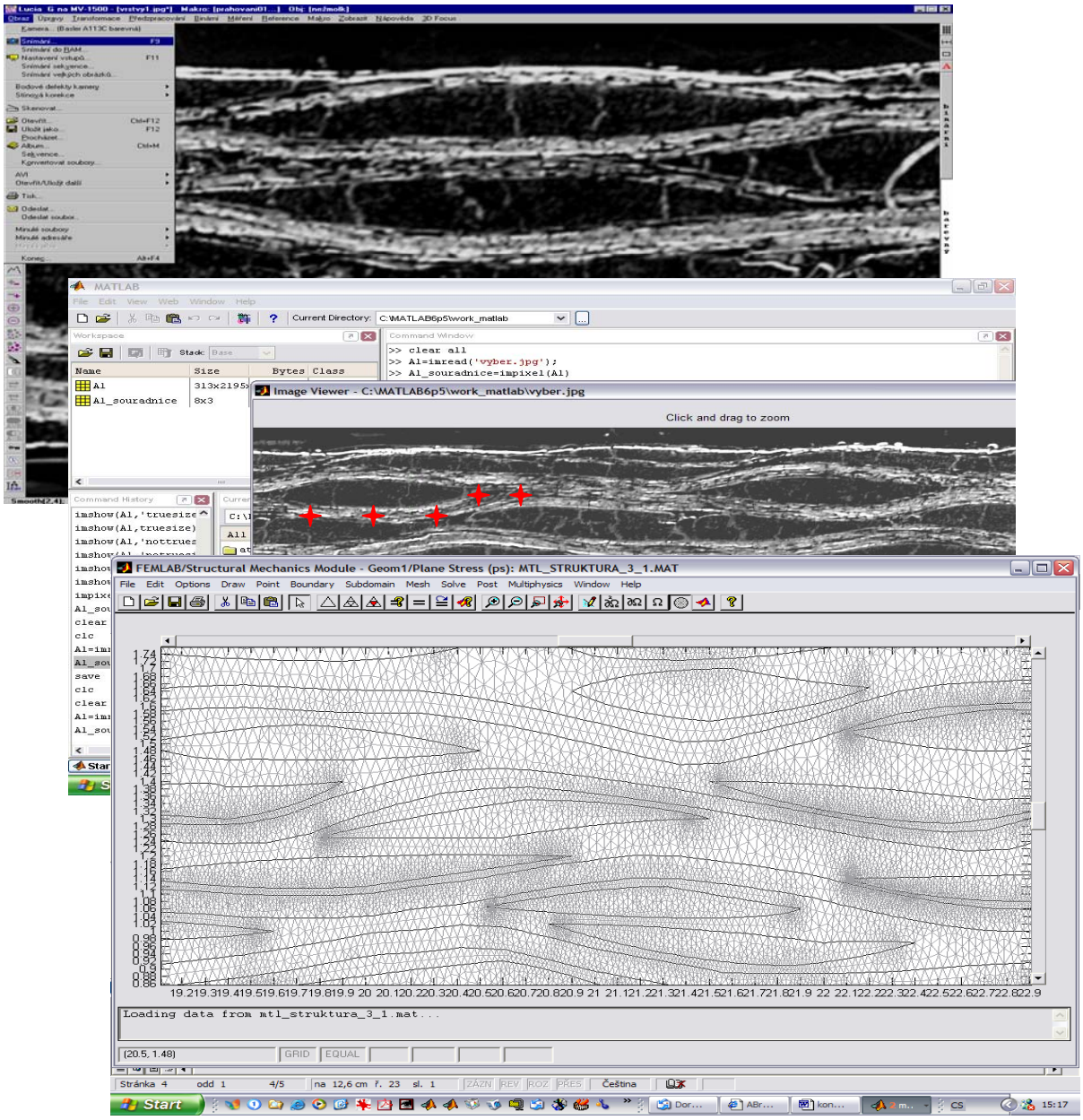


Obr. 2 Digitální informace *.dxf

Celá geometrie struktury materiálu se nakreslí v preprocesoru Femlabu použitím Booleovských operací a Beziérových křivek. Výsledek je ukázán na obr. 2. Blíže k problémům vykreslování geometrie u tohoto způsobu viz [4], [5]. Dále se pro potřeby vykreslení sítě zadají okrajové podmínky a materiálové podmínky subdomén. Volba fyzikálního systému byla provedena předem, z obrázku je zřejmá, nicméně nyní ji není potřeba diskutovat, protože jakmile je geometrie v odpovídající formě vytvořena, volba fyzikálního režimu může být kdykoliv jednoduše zmeněna a aplikována, což představuje krok 3 a částečně krok 2.

2. Nasnímání základního obrazu struktury v systému Lucia, použití built-in funkcí Matlabu, a GUI Femlabu.

V systému Lucia se nasnímá z příčných řezů základní obraz struktury. Digitální informace je ve formátu *.jpg. Tato základní informace je načtena v příkazovém řádku Matlabu do formátu *.mat funkcí *imread* a zobrazena funkcí *imshow*. Následuje měření diskrétních bodů a jejich systematické ukládání do souborů funkcí *impixel*. Přenesení naměřených bodů do GUI Femlabu se realizuje z příkazového řádku Matlabu FEM-funkcí *line1* a použitím nabídky *Insert from workspace* z rolety *File*. Blíže k problémům vykreslování geometrie u tohoto způsobu viz [4].



Obr. 3 Digitální informace *.jpg → *.mat (buil-in funkce) → *.dxf

3. Nasnímání základního obrazu struktury v systému Lucia, použití Image processing toolbox a GUI Femlabu.

V systému Lucia se nasnímá z příčných řezů dílčí základní obraz struktury. Digitální informace je ve formátu *.jpg. Dílčí obraz je nasnímán a složen speciálním makrem

v systému Lucia. Složený obraz je načten do workspace Matlabu, digitální informace je ve formátu *.mat. Následuje zpracovávání příkazy Image processing toolboxu : prahování podle rgb užitím funkce *im2bw,* konvertace do potřebného číselného formátu funkcí *im2uint8,* lineární morfologie – dilatace následovaná erozí s lineárním strelem užitím funkcí *imdilate* a *imerode,* vyhlazení obrysů užitím funkce *imclearborder*, vyčištění obrazu erozí následovanou dilatací pomocí funkcí *imerode a imdilate* a vykreslení obrysů funkcí *imcontour*. Fem-struktura 2D křivkových objektů je vytvořena v příkazovém řádku Matlabu funkcí *uint8* a *flim2curve.* Přenesení dat do GUI Femlabu je realizováno přes nabídku *Insert from workspace* z rolety *File.* Digitální informace je ve formátu *.dxf. K vytvoření 3D solidů je možno použít funkce *loft.* Na této úloze je v současnosti pracováno. Pro prostorovou rekonstrukci struktury je nutno vytvořit značné množství fotografií z řezů vytvořených postupným odbrušováním kompozitní destičky ve dvou na sebe kolmých směrech. Vznikne tak dostatečně velká databáze dat pro následnou rekonstrukci reálné struktury. Uvedený postup vyžaduje jak pokročilou techniku, tak čas a preciznost. Viz obr. 4.

Závěr

Příspěvek informuje o problematice získávání digitálních informací o struktuře tkaninových kompozitů. Demonstruje možnosti propojení a spolupráce softwarových systémů LUCIA, MATLAB, FEMLAB tak, aby byla splněna hlavní úloha – získání obrysů příčných a podélných vlákenných svazků reálné struktury tkaninového kompozitu. Pro získání obrysů byly navrženy a odzkoušeny tři způsoby, jako nejefektivnější se jeví způsob třetí, vyžaduje ovšem vysoce výkonnou techniku a rozsáhlé zkušenosti s image analysis.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory grantu GA ČR 106/03/0180.

Kontakt

jana.salacova@vslib.cz

telefon: +420 485 353 654

Literatura:

[1] www.humusoft.cz

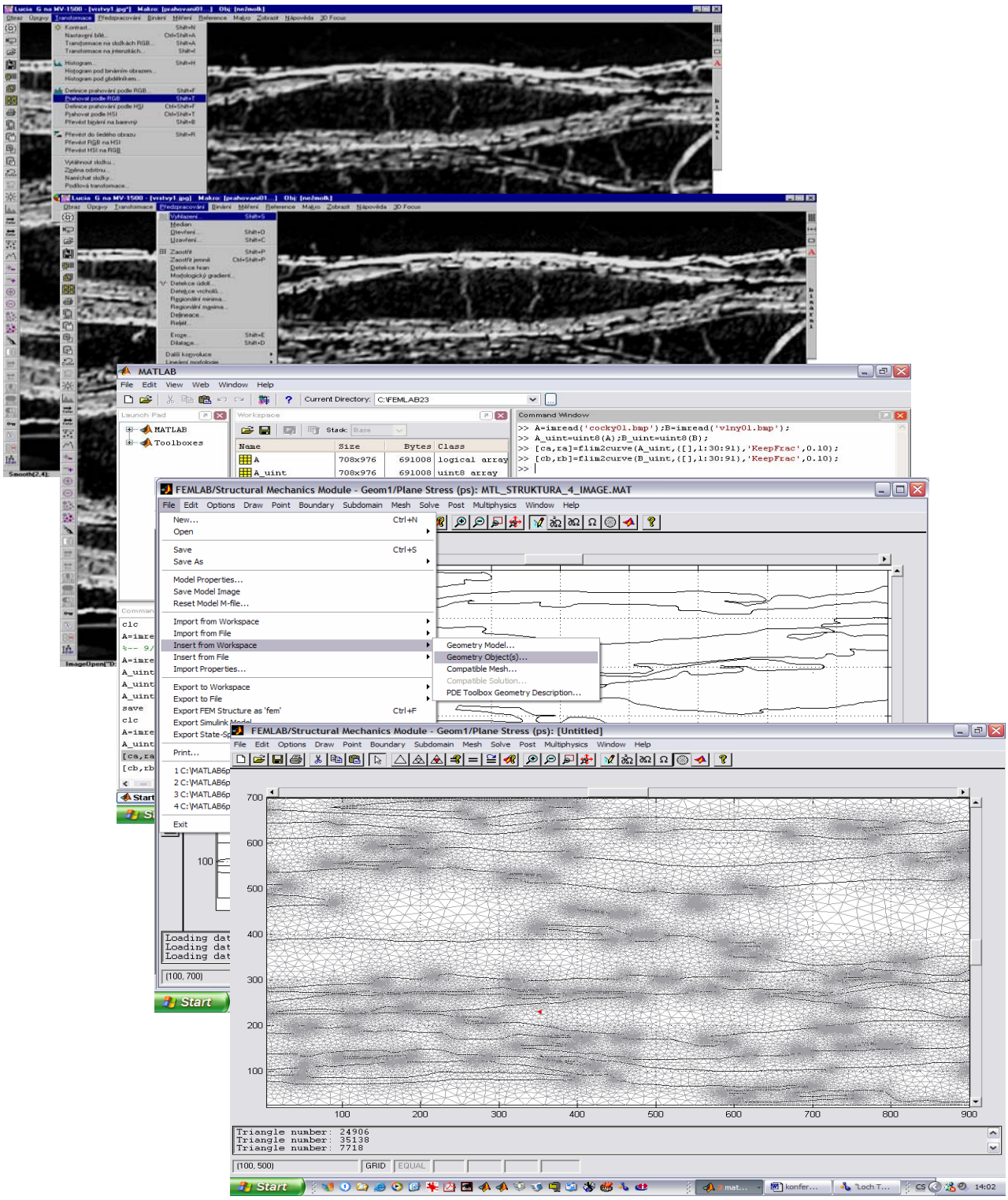
[2] Bareš, R.: Kompozitní materiály, SNTL, Praha 1988.

[3] Vodolan, J., Košek, M.: Simple automated method for composition of structure microphotographs, Strutex 2003, TU Liberec

[4] Salačová, J.: Digitalization of woven composite structures in software Femlab, ICCE 11, New Orleans, USA, 2004

[5] Salačová, J.: Boolean Operations And Bézier Curves In Woven Composites. Common textile conference 2004, Sofia, Bulgaria, 2004

[6] Vopička, S.: Popis geometrie vyztužujícího systému v tkaninových kompozitech. Disertační práce, TU Liberec 2004



Obr. 4 Digitální informace *.jpg → *.mat (Image processing toolbox) → *.dxf