

Oponentský posudok habilitačnej práce

Ing. Rastislava Lagaňu, PhD.

Vybrané faktory tečenia dreva

Na základe žiadosti dekana DF zo dňa 8. 4. 2014 o vypracovanie oponentského posudku a poskytnutých pokynov predkladám nasledovný posudok.

Habilitačnú prácu tvorí samotný text habilitačnej práce napísaný na 32 stranách a desať príloh. Prílohami sú pôvodné vedecké práce, z ktorých v siedmich prácach je habilitant hlavným autorom a v troch prácach spoluautorom. S prílohami má habilitačná práca 100 strán. Habilitačná práca je členená na 6 kapitol. Obsahuje aj prehľad použitej literatúry, do ktorého sú včlenené aj práce habilitanta. V dvanástich z uvedených prác je habilitant samostatným alebo hlavným autorom a vo ôsmich prácach je spoluautorom.

V prvých dvoch kapitolách habilitačná práca poskytuje prehľad možných spôsobov namáhania dreva v procesoch spracovania drevnej hmoty i počas využívania jej úžitkových vlastností, poskytuje prehľad štúdií a nimi dosiahnutých výsledkov zaoberajúcich sa deformáciami spôsobenými mechanickým namáhaním dreva a stanovuje ciele dizertačnej práce, ktorými sú predikcia mechanicky zaťaženého dreva v premenlivej klíme a hodnotenie mechanických vlastností dreva pri vysokej teplote za účelom optimalizácie termickej úpravy.

Jednou z hlavných dizertačnou prácou riešených tém je tečenie mechanicky zaťaženého dreva v premenlivej klíme. Uvedenou problematikou sa zaoberajú aj štyri články z doložených príloh. Kľúčovým pojmom danej problematiky je mechano-sorpčná deformácia, ktorá podľa viacerých autorov vzniká v dreve od súčasného mechanického namáhania a zmeny vlhkosti dreva. Je teda považovaná za akúsi doplnkovú deformáciu k elastickej, visko-elastickej a plastickej deformácii dreva, popri deformácii od samotnej zmeny vlhkosti pri napúčaní alebo zosychaní dreva. Tento fenomén je známy už viac desaťročí. Pokúšali sa ho vysvetliť rôznymi teóriami mnohí autori na rôznej úrovni modelovania dreva, ako to vidieť aj z práci uvedeného prehľadu, z odôvodňovania a dosiahnutých výsledkov jednotlivých použitých teórií. Po empirickej kvantifikácii sa uskutočnili aj pokusy matematického modelovania uvedeného deja analogickými modelmi k modelom používaným v reológii. Problém je však natoľko komplikovaný, počnúc stavbou dreva, rôznorodosťou drevín, súčasným pôsobením niekoľkých dejov, ako je samotný pohyb vody v dreve, vznik elastických, visko-elastických a plastických deformácií, že ani numerické riešenie príslušných rovníc simulujúcich deformácie v dreve, včítane mechano-sorpčnej deformácie, neprinieslo očakávané výsledky. Príčiny nezdaru habilitant vidí v rozličných prístupoch k metodológii merania hydromechanických vlastností dreva a k definícii základných dejov. Nadväzujúc na Morlierovu prácu zhrňujúcu štúdie hydromechanických vlastností dreva do roku 1994, dizertačná práca poskytuje prehľad štúdií hydromechanických vlastností dreva po tomto období, s cieľom zosumarizovania základných trendov vo výskume, metodológii merania hydromechanických vlastností dreva, identifikácie ich výhod a nedostatkov a poskytnutia možností pre budúci výskum. Uvedený prehľad habilitant využíva ako podklad pre vytvorenie jednotného protokolu pre experimentovanie. Jedná sa hlavne o spôsoby zaťažovania vzoriek, dobu trvania experimentov, rozsah zmeny vlhkosti dreva, prípadne zmeny relatívnej vlhkosti vzduchu počas experimentu, prístupy k separácii zložiek deformácie a k zohľadneniu distribúcie, ako aj pohybu, vody v dreve. Za základ pre hodnotenie hydromechanických vlastností považuje experimentálny prístup. Na základe rozboru jednotlivých štúdií poukazuje na problémy, ktoré súvisia s distribúciou vody v dreve umiestnenom v prostredí s premenlivou klímou a s tým súvisiacim rozložením napätí, hlavne u skúšobných vzoriek

s veľkým prierezom, so zmenou mechanických vlastností ohýbanej vzorky v ťahovej a tlakovej oblasti, ako aj na problémy s identifikáciou jednotlivých zložiek deformácie.

Východisko pre riešenie problému habilitant vidí v meraní hydromechanických vlastností dreva pri jednoosovom zaťažení, na materiálovej úrovni, t.j. na relatívne tenkých vzorkách so zachovaním heterogenity dreva, bez vplyvu artefaktov testovacej metódy alebo podmienok merania. Ďalším návrhom habilitanta je vyjadrovanie mechano-sorpčnej poddajnosti v závislosti od kumulatívnej vlhkosti dreva a nie od času, čo následne umožní modelovanie mechano-sorpčnej deformácie nezávisle od času. Posledný navrhnutý bod pre vhodné testovanie mechano-sorpčie sa týka separácie zložiek deformácie. Výsledkom snaženia je navrhnutá metóda tenkých párových vzoriek zaťažených jednoosovým namáhaním. Uvedená metóda merania je postavená na meraní deformácie tečenia v suchej a vlhkej konštantnej klíme a na meraní celkovej deformácie, ako aj voľného zosychania alebo napúčania, v premenlivej klíme. Navrhnutá metóda merania hydromechanických vlastností je publikovaná v jednej z príloh habilitačnej práce. Aplikácie navrhnutej metodiky na hodnotenie mechano-sorpčných vlastností a namerané výsledky sú zverejnené v ďalších dvoch priložených prácach. Štvrtá z predložených prác danej problematiky sa zaoberá modelovaním a verifikovaním hydromechanických vlastností ohýbaného dreva. Celkový trend a veľkosti predpovedaných priehybov na základe navrhnutého modelu sú v dobrej zhode s výsledkami experimentov. Dosiagnuté výsledky dokazujú, že správanie sa nosníka v prostredí s premenlivou klímou je možné predpovedať modelom s materiálovými charakteristikami získanými relatívne krátkymi 18 hodinovými experimentmi.

Z metodickej stránky celkový prístup habilitanta k riešeniu danej problematiky i dielčie použité postupy považujem za správne. Zároveň chcem však poukázať aj na závažnosť prijímaných predpokladov, ktoré vo väčšom, prípadne menšom, rozsahu môžu spôsobiť nesúlad medzi čiastkovými a celkovými výsledkami experimentu, eventuálne medzi výsledkami experimentu a výpočtového modelu. Jedným z takých predpokladov je aj predpoklad platnosti princípu superpozície. Kvitujem, že habilitant dokázal využiť výsledky experimentov na vybudovanie príslušnej teórie pre predikciu správania sa mechanicky zaťaženého dreva v premenlivej klíme. Zároveň experimentmi aj overil platnosť navrhnutej teórie. Taktiež chcem však poznamenať, že účelom habilitantom vyselektovaných a zavrnutých štúdií, týkajúcich sa hydromechanických vlastností dreva, zrejme nemal byť základný výskum, ale riešenie konkrétnych úloh, pre ktoré autori nepoznali vhodné teoretické riešenie a preto použili experiment ako schodnú cestu k získaniu výsledkov tej ktorej danej konkrétnej situácie.

Druhou hlavnou témou riešenou v dizertačnej práci je hodnotenie mechanických vlastností dreva pri vysokej teplote. Uvedenou problematikou sa zaoberajú aj tri články z doložených príloh. Teplota je veľmi významným faktorom ovplyvňujúcim správanie sa dreva pri jeho mechanickom zaťažení, čo sa v hojnej miere využíva aj v príslušných technológiách spracovania dreva. Väčšina publikácií zaoberajúcich sa tečením dreva pri vysokých teplotách sa však zameriava na teploty do 130°C.

V prvej časti riešenia tejto témy je navrhnutá a odskúšaná metóda merania reologických vlastností dreva a drevných materiálov pri namáhaní na ohyb v prostredí s vysokou teplotou. Uvedená bezkontaktná metóda merania posunutia umožňuje realizovať merania v termoizolačnej komore do teploty 200°C. Pri použitej zostave merania nosníka s rozpätím 700 mm pri teplote 180°C sa dosiahla presnosť merania posunutia na úrovni $\pm 0,1$ mm. Časový záznam meraného priehybu umožňuje určiť všetky charakteristiky potrebné pre popis reologických vlastností skúmaného materiálu.

Pri hodnotení navrhnutej metódy je nutné poukázať, že postavený merací systém vhodne zosúladiť a využiť výhody použitých prvkov, t.j. zaťažovacieho mechanizmu, termoizolačnej skrine, optického systému merania s použitím CCD kamery, laptopu

a softwaru pre analýzu obrazu. Navrhnutý merací reťazec považujem za vhodný a v danej dobe za primeraný pre hodnotenie mechanických vlastností dreva pri vysokej teplote.

Charakteristickou črtou reológie dreva je časová zmena jeho mechanických vlastností dôsledkom zaťaženia. Ďalším cieľom habilitačnej práce v rámci sledovania tečenia dreva pri vysokých teplotách bolo zistiť hranicu zaťaženia, po ktorú je možné drevo považovať za lineárne väzko-pružný materiál. Po túto hranicu deformačné vlastnosti dreva je možné modelovať reologickými modelmi, t.j. pružinovým a Newtonovým viskóznym prvkom. Použitím experimentálnych meraní a Burgerovho modelu bolo v doloženej práci preukázané, že smrekové drevo s vlhkosťou 6-8% pri teplote 180°C sa po napätie 11,4 MPa, t.j. po napätie na úrovni 15% z jeho pevnosti, správa ako lineárne väzko-pružný materiál. Ako ďalší nový poznatok sa uvádza aj zistenie, že pre zvolené hodnoty jedine jeden parameter z parametrov Burgerovho modelu je očividne závislý od úrovne namáhania.

Použitú metodiku riešenia, t.j. určenie štyroch parametrov Burgerovho modelu z experimentov dotvarovania, s aplikovaním vlastnej metódy merania reologických vlastností, ich následné použitie v príslušnom reologickom modeli a porovnávanie výsledkov modelovania s výsledkami experimentu, považujem za správnu a dosiahnuté výsledky za akceptovateľné.

Tretia práca súvisiaca s problematikou tečenia dreva pri vysokých teplotách sa zaoberá skúmaním reologických vlastností smrekového dreva. Na základe experimentov boli zistené parametre Burgerovho modelu pre teploty 120°C, 150°C a 180°C. Metodiku riešenia danej problematiky postavenú na experimentálnom stanovení parametrov reologického modelu považujem za správnu.

Zostávajúce prílohy k habilitačnej práci rozširujú oblasť habilitantovej pôsobnosti, nepriamo súvisia s názvom habilitačnej práce, ale podľa mojej mienky svojím kontextom nezapadajú do stanovených cieľov.

Hlavnými témami habilitačnej práce sú tečenie zaťaženého dreva v premenlivej klíme a hodnotenie mechanických vlastností dreva pri vysokej teplote. Všetky k týmto témam doložené prílohy majú charakter základného výskumu. Ich spoločnou črtou je snaha nájdania vhodného výpočtového modelu pre predpovedanie správania sa dreva za určitých podmienok pôsobenia. Výhodiskom pre nájdanie vstupných údajov do algoritmu výpočtu habilitantovi slúži experiment. Experiment používa aj na verifikáciu matematického modelu. Výsledkom práce sú zostavené výpočtové modely pre predpovedanie správania sa mechanicky zaťaženého dreva v premenlivej klíme.

Zostavené výpočtové modely zohľadňujú viaceré rozhodujúce faktory ovplyvňujúce výsledné správanie sa dreva, no nie všetky. Jednou z neriešených je otázka variability jeho materiálových vlastností. Pýtam sa habilitanta: Je nutné sa danou otázkou zaoberať? Ak áno, ako by to realizoval?

Habilitačnú prácu odporúčam k obhajobe a po úspešnej obhajobe, pri splnení ostatných požadovaných náležitostí, **odporúčam**

Ing. Rastislavovi Lagaňovi, PhD. udeliť titul docent v odbore Štruktúra a vlastnosti dreva.

Zvolen 2. 5. 2014

Doc. Ing. Ferdinand Bodnár, CSc.
Katedra mechaniky a strojnictva
FEVT – TU vo Zvolene