

Oponentský posudok habilitačnej práce

Ing. Nadeždy Langovej, PhD.

Tvarové samosvorné spoje v nábytkárskych konštrukciách

Na základe žiadosti dekana DF zo dňa 7. 4. 2021 o vypracovanie oponentského posudku a poskytnutých pokynov predkladám nasledovný posudok.

Habilitačná práca má 91 strán textu, je členená na 4 kapitoly. V prehľade použitej literatúry, sú včlenené aj práce habilitantky súvisiace s riešenou problematikou nábytkových spojov, v štyroch z uvedených prác je habilitantka samostatným alebo hlavným autorom a v siedmich prácach je spoluautorom.

V úvodnej časti štúdie sa poukazuje na kľúčový význam spojov v nábytkových konštrukciách pre zabezpečenie prenosu zaťaženia medzi nosnými prvkami konštrukcie, poukazuje sa na faktory, ktoré historicky ovplyvňovali spôsob ich spájania, až na súčasné možnosti, ktoré sú umožnené vývojom CNC technológií a príslušných digitálnych softvérov. Dáva do pozornosti, že tento moderný prístup tvarového spájania konštrukčných prvkov okrem zachovania požadovaných úžitkových vlastností umožňuje zavádzať nové typy a tvary konštrukčných spojov, zachovať nízke výrobné a montážne náklady, ako aj priaznivo vplývať na ekológiu. Z mnohých etáp procesu vývoja konštrukcie a jej detailov, sa poukazuje na nutnosť stanovenia predpokladov v súvislosti s používaním novokoncipovaných spojov a overovania ich vlastností. Stanovené sú hlavné ciele habilitačnej práce zamerané na stanovenie mechanických vlastností vybraných rohových tvarových samosvorných spojov, definovanie postupu výpočtu pre ich správne dimenzovanie a určenie vhodnosti použitia v rámových nábytkových konštrukciách. Čiastkovými cieľmi sú analyzovanie jestvujúcich tvarových spojov v nábytkových konštrukciách a ich rozdelenie do skupín podľa funkčných princípov, experimentálne zistenie mechanických vlastností samosvorných nábytkových spojov a s využitím numerického modelovania spoja vytvoriť model spoja s vylepšenými pevnostnými vlastnosťami.

V prvej kapitole sa habilitačná práca zameriava na mechanické spoje. Poukazuje na výhody mechanických spojov, hlavne na možnosť demontovateľnosti spojov. Poskytuje ucelený prehľad možných spôsobov spájania s poukázaním na ich výhody, resp. nevýhody. Z pohľadu dimenzovania nábytkových konštrukcií upozorňuje na nutnosť zamerania sa hlavne na spoje nábytkových konštrukcií, ktoré sú ich najslabšími miestami. Svoje tvrdenia dokladá celým radom publikácií venovaných tejto problematike. V jednej z týchto publikácií, ktorej habilitantka je spoluautorkou, sa poukazuje na skutočnosť, že percentuálny podiel únosnosti spoja k únosnosti dielca je v rozpätí 10 až 30 %. Metodický prístup k riešeniu uvedenej problematiky, ako aj prijaté závery považujem za správne.

Druhá kapitola je venovaná tvarovým spojom v nábytkových konštrukciách. Nosnou témou habilitačnej práce sú tvarované čapové spoje, ktorých podstata vychádza z tradičných lepených čapových spojov. Vychádzajúc z publikovaných štúdií poukazuje na faktory, a ich možné využitie, pre zvýšenie únosnosti čapového spoja. V prvej časti tejto kapitoly je uskutočnené rozdelenie tvarového spojenia prvkov z hľadiska prieniku prvkov, princípu spojenia a možného pohybu prvkov. Poukazuje sa na skutočnosť, že ak konštrukčné prvky vytvárajú prienik, môžu byť spojené s využitím geometrie kontaktnej plochy, prípadne jej kombináciou s dreveným spájacím prostriedkom, kým v prípade nevytvárania prieniku konštrukčných prvkov sa vždy musí použiť spájací prostriedok. V oboch prípadoch ide

o silové spojenie prvkov, ktoré sa realizuje vytvorením ťahovacej sily alebo stálym pružným predpätím spojených prvkov. Jednotlivé spôsoby sú doložené príkladmi ich použitia. V tejto kapitole je poukázané aj na výrobné technológie, ako aj strojné zariadenia, súvisiace s tvarovým spájaním masívnych drevených prvkov, a iných materiálov na báze dreva, určených pre výrobu nábytku, predovšetkým drevotrieskových dosiek a preglejok. Poukazuje sa na skutočnosť, ako CNC drevoobrábacie stroje prostredníctvom nových technológií v nábytkárskom priemysle často menia príslušný výrobný systém. Značná časť tejto kapitoly je venovaná zámkovým nábytkovým konštrukciám s využitím tvarových spojov. Samosvorné spoje obsahujúce integrálny mechanický spájací prostriedok umožňujú rozdelením celku nábytkovej konštrukcie na niekoľko menších súvisiacich a prekrývajúcich sa podskupín vytvárať nábytkové konštrukcie pri zachovaní konkrétnej postupnosti krokov, bez použitia lepidla. Hlavnými výhodami zámkového systému je, že nábytok sa dá ľahko a opakovane zmontovať a demontovať a nie sú potrebné žiadne spájacie prostriedky. Uvedené sú rôzne spôsoby kódovania, čím sa bráni vzájomnému pohybu spájaných prvkov. Problematikou transformácie nábytku rekonfiguráciou prvkov na inú nábytkovú konštrukciu sa zaoberá aj článok v spoluautorstve s habilitankou.

Tretia kapitola, pojednávajúca o pevnostných vlastnostiach tvarových samosvorných spojov, je najrozsiahlejšia. V jej prvej časti je uskutočnená analýza napätosti rohového spoja počnúc vonkajšími silami až po napätia v priereze spájaných dielcov. K tejto stati podotýkam, že pre vyjadrenie vnútorných silových účinkov pôsobiacich v rohovom spoji namiesto rozkladu zaťažujúcej sily na jej zložky, by bolo výhodnejšie použiť druhú axiómu Statiky o zachovaní silového účinku a tak vyjadriť pôsobiace vnútorné silové účinky. Druhá časť tejto kapitoly sa zaoberá uskutočneným experimentálnym meraním mechanických vlastností tvarového spoja troch navrhnutých tvarov samosvorných spojov, počnúc od voľby materiálu prvkov (preglejka), cez stanovenie vlhkosti vzoriek, stanovenie základných rozmerov čapu pre dosiahnutie zvýšenej únosnosti spoja, ako aj s otázkou vytvorenia potrebného tlaku medzi kontaktnými plochami spoja. Dôležitým faktorom je stanovenie správnej tolerancie kontaktných povrchov spoja. Metodika skúšania vychádza z jednej z možných schém namáhania rohového spoja, kde okrem čistého ohybového momentu na spoj pôsobia aj ďalšie vnútorné silové účinky závisiace od spôsobu namáhania v uhlovej rovine, podľa toho, či skúšobná vzorka je namáhaná ťahom alebo tlakom. Okrem únosnosti spoja sa posudzuje aj tuhosť spoja, pričom pre stanovenie tuhosti spoja príslušná zmena uhla sa počíta z hodnôt posunov ramien spoja pri 40% a 10% -nej hodnote maximálneho zaťaženia. Tretia časť tretej kapitoly sa zaoberá numerickým modelovaním stavov napätosti a deformácie v skúšaných spojoch. Výpočty napodobňujú uskutočnené experimentálne merania všetkých troch navrhovaných tvarov samosvorných spojov, ich cieľom je vizualizácia silových tokov a deformácií v skúšaných spojoch. Pred uskutočnenými výpočtami sa prijali predpoklady spojené s platnosťou dosiahnutých výsledkov. Preglejka sa modeluje ako ortogonálne anizotropný materiál v rovinnom stave napätosti. Spoj čapu s dlabom je modelovaný kontaktnými prvkami s uvažovaním Coulombovho trenia. Výpočtový model je nelineárny, kopírujúci úroveň súčasných poznatkov a možností. Základná sieť prvkov sa na základe energetickej bilancie v prvkoch v opakovanom výpočte podľa potreby zahusťuje, výsledok je viditeľný na obr. 41. Výpočty sú uskutočnené programom ANSYS. Súčasťou tejto kapitoly je aj vyhodnotenie experimentálnych meraní, výsledkom ktorých je stanovenie únosnosti a tuhosti skúšaných spojov. Experimentom zistené miesta porušenia sú konfrontované s napätosťou z numerického modelovania pre všetky sledované prípady. Sledovala sa aj eventuálna závislosť medzi tuhosťou a únosnosťou s použitím regresnej a korelačnej analýzy. Jej výsledkom sú stanovené lineárne regresné funkcie s príslušnými korelačnými koeficientmi a koeficientmi determinácie. Súčasťou tretej kapitoly je aj porovnanie dosiahnutých výsledkov s výsledkami prác iných autorov a príslušná diskusia. Posledná časť tretej kapitoly sa venuje

využitelnosti dosiahnutých výsledkov experimentálnych meraní a numerických výpočtov pre dimenzovanie. Pre nájdenie jednotlivých rozmerov spoja s vyššou únosnosťou sú využité bežné poznatky z mechaniky poddajných telies, ktorými autorka dosiahla zníženie maximálnych zložiek napätia v konkrétnom spoji, ale aj minimálnych zložiek napätia, ako to potvrdzujú výsledky numerického modelovania pred a po rozmerových úpravách v spoji, vizualizované v tabuľke 5 a na obr. 65. Odporúčam tejto problematike sa i naďalej venovať.

Z metodologickej stránky celkový prístup habilitantky k riešeniu danej problematiky považujem za správny. Pozitívne hodnotím, že pre dosiahnutie stanovených hlavných cieľov sa pristupovalo komplexne, výsledky experimentov sú konfrontované numerickým modelovaním, a sú spracovávané štatistickými metódami, za účelom dosiahnutia kvalitnejších rohových tvarových samosvorných spojov. Zároveň experimentmi sa overila aj platnosť prijatých predpokladov a správnosť použitého numerického modelu.

V rámci obhajoby sa habilitantky pýtam: ako sa rozumie (napr. s. 55), že únosnosť je 5,6 krát (82%) vyššia? V rámci numerického modelovania akým spôsobom modelovala vytvorenie tolerancie 0,1 mm? Na základe nadobudnutých poznatkov z doterajšieho riešenia, na čo by sa chcela v budúcnosti zamerať, v rámci riešenia problematiky samosvorných spojov?

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

Ing. Nadežde Langovej, PhD. udeliť titul docent v odbore Konštrukcie a procesy výroby drevárskych výrobkov.

Zvolen 21. 5. 2021

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