

Ivica Župčić, dipl. ing. obranio doktorski rad



Ivica Župčić, dipl. ing. drvne tehnologije, obranio je 9. travnja 2010. godine na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu disertaciju pod naslovom *Čimbenici koji utječu na spajanje tokarenih bukovih elemenata tehnikom zavarivanja*, pred povjerenstvom u sastavu: izv. prof. dr. sc. Andrija Bogner (Šumarski fakultet), prof. dr. sc. Ivica Grbac, redoviti profesor (Šumarski fakultet) i izv. prof. dr. sc. Milan Šernek (Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani) i stekao akademski stupanj doktora znanosti s područja biotehničkih znanosti, znanstvenog polja drvne tehnologije, grane konstruiranja i oblikovanja proizvoda od drva. Mentor rada bio je prof. dr. sc. Ivica Grbac.

Podaci iz životopisa

PODACI IZ ŽIVOTOPISA

Ivica Župčić je rođen u Karlovcu 2. kolovoza 1976. godine. Osnovnu školu pohađao je u Dugoj Resi, a 1991. godine upisao je Šumarsku školu u Karlovcu te stekao zvanje drvodjeljskog tehničara. Godine 1995. upisao je studij na Drvnotehničkom odsjeku Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Tijekom studija bio je demonstrator za predmet Nacrtna geometrija. Diplomski rad *Raspored tvrdoće po Brinellu u radialnom smjeru drva jele (Abies alba Mill.) iz Gorskog kotara* obranio je 4. veljače 2000. godine. Studij završava prosječnom ocjenom 4,32 i stječe zvanje diplomiranog inženjera drvne tehnologije. Nakon završetka studija odslužio je vojni rok, a pohađajući nastavu na Učilištu Hrvatske kopnene vojske u Zagrebu stekao je čin pričuvnog natporučnika. U svibnju 2001. zaposlio se u tvrtki Schachermayer, d.o.o. u Zagrebu, gdje je radio nepune tri godine.

Od 1. ožujka 2004. godine radi na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, u tadašnjem Zavodu za konstrukcije i tehnologiju proizvoda od drva, a danas u Zavodu za namještaj i drvne proizvode kao asistent. Iste je godine na Šumarskom fakultetu u Zagrebu upisao poslijediplomski znanstveni studij Tehnologija finalnih proizvoda. Početkom 2006. upisuje doktorski znanstveni studij Drvna tehnologija, a 2008. godine prebacuje se na novi program istog studija.

Nastavni rad počinje kao asistent za predmet Drvne konstrukcije, Konstrukcije proizvoda od drva, a kasnije Konstrukcije proizvoda od drva II i Konstrukcije proizvoda od drva III, Osiguranje kakvoće finalnih proizvoda te Konstruiranje proizvoda od drva na Stručnom studiju drvne tehnologije u Virovitici. Na

Studiju dizajna Arhitektonskog fakulteta u Zagrebu asistent je za predmet Konstrukcije drvni proizvoda I i II. Sudjelovao je u vođenju jednoga diplomskog i pet završnih radova o temi rotacijskog zavarivanja masivnog drva.

Od 2004. godine sudjeluje na projektu 0068134 pod nazivom *Namještaj za sigurno, zdravo i udobno sjedenje i ležanje*, voditelja prof. dr. sc. Ivica Grbca. Od 2007. godine sudjeluje na projektu 068-0680720-0710 pod nazivom *Novi materijali, tehnološki procesi i proizvodi u finalnoj obradi drva* voditelja izv. prof. dr. sc. Andrije Bognera. Ukupno je u suautorstvu objavio deset znanstvenih radova, devet stručnih radova i tri izvještaja sa sajmovima i drugih manifestacija.

Od početka rada u Zavodu za konstrukcije i tehnologiju proizvoda od drva radi u Laboratoriju za ispitivanje namještaja i dijelova za namještaj. Pohađao je seminar *Ustrojstvo laboratorija prema HRN EN 17025*, u organizaciji Državnog zavoda za normizaciju i mjeriteljstvo, u Centru za transfer tehnologija pri Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu. Pohađao je i mnoge druge seminare vezane za laboratorijsko usavršavanje u organizaciji Hrvatskoga mjeriteljskog društva. Aktivno sudjeluje na znanstvenim i stručnim konferencijama i skupovima. Član je Hrvatskoga šumarskog društva i Hrvatskoga lovačkog sveza.

PRIKAZ DISERTACIJE

Disertacija Ivica Župčića, dipl. ing., pod naslovom *Čimbenici koji utječu na spajanje tokarenih bukovih elemenata tehnikom zavarivanja* sastoji se od 253 stranice (XV + 237), u koje je uključeno 177 slika i grafikona, 135 tablica i 114 navoda literature. Disertacija je podijeljena na sedam poglavlja:

1. Uvod,
2. Dosadašnja istraživanja i hipoteza,
3. Materijali i metode rada,
4. Rezultati istraživanja i diskusija,
5. Zaključak,
6. Prilozi,
7. Literatura.

Pokusi koji su osnova ovog rada i istraživanja izvođeni su:

- na Sveučilištu u Zagrebu, na Šumarskom fakultetu,
 - u Zavodu za namještaj i drvne proizvode,
 - u Zavodu za znanost o drvu,
- na Katedri nauky o dreve – Zvolen, Slovačka,
- u Topomatici, d.o.o. Zagreb.

1. Uvod

U uvodu su opisane osnove rotacijskog zavarivanja te je objašnjeno na koji se način provodi proces zavarivanja drva. Navedeni su problemi i ciljevi

istraživanja uz pomoć kojih je objašnjena postavljena znanstvena hipoteza. Ciljevi i svrha istraživanja bili su proučavanje čimbenika koji utječu na čvrstoću i izvlačnu silu zavarenog spoja. U tu svrhu istraživani su:

- utjecaj presjeka drva (poprečni ili uzdužni),
- utjecaj teksture (radijalna, tangentsna i radijalno-tangentsna),
- utjecaj širine godova,
- utjecaj trajanja procesa zavarivanja (vrijeme pomaka moždanika u smjeru uzdužne osi),
- utjecaj promjera i oblika rupe te promjera i oblika moždanika (veličina zadora) na izvlačnu silu i čvrstoću zavarenog spoja,
- utjecaj dubine zavarivanja moždanika na izvlačnu silu odnosno na čvrstoću spoja,
- utjecaj frekvencije vrtnje te promjene sile utiskivanja moždanika i momenta koji djeluje na moždanik (za vrijeme zavarivanja) ovisno o frekvenciji,
- mogućnost zavarivanja modificiranog drva (toplinskoga i kemijskog).

Krajnji cilj disertacija bio je pronalaženje mogućnosti praktične promjene rotacijskog zavarivanja. Za tu svrhu izrađeni su tokareni elementi koji su dužinski spajani. Dužinski spojeni tokareni elementi (štapovi) mogli bi se upotrebljavati u proizvodnji namještaja i dijelova za namještaj.

2. Dosadašnja istraživanja i hipoteza

Poglavlje se sastoji od šest potpoglavlja koja obuhvaćaju svojstva drva, svojstva bukovine, lijepljenje drva, modifikaciju drva, pregled dosadašnjih istraživanja zavarivanja i znanstvenu hipotezu.

3. Materijali i metode rada

Poglavlje *Materijali i metode rada* podijeljeno je na sedam potpoglavlja. U prvom potpoglavlju detaljno je opisan izbor drva (bukovine) i ljepila. Zatim je opisana priprema uzoraka ovisno o promatranom čimbeniku zavarivanja. U trećem potpoglavlju detaljno je obrađena izrada ispitnih proba (uzoraka) metodom rotacijskog zavarivanja (moždanici i čepovi) i lijepljenjem (moždanici). S obzirom na to da pri zavarivanju dolazi do trošenja (habanja) moždanika ili čepa (mijenjaju se površina i volumen) i rupe, detaljno je opisan način na koji je određena površina prije i nakon zavarivanja. U petom potpoglavlju opisana je SEM analiza zavarenoga i ispitanog spoja. Ta analiza daje detaljniji uvid o promjeni strukture drva u procesu zavarivanja. U šestom potpoglavlju detaljno je opisana i razrađena metoda ispitivanja zavarenih ili lijepljenih uzoraka. U zadnjem potpoglavlju opisana je analiza i prikaz rezultata istraživanja.

4. Rezultati istraživanja i diskusija

U tom poglavlju sustavno prikazani i analizirani rezultati istraživanja u logički obrađenim cjelinama. Poglavlje je podijelio na 12 dijelova koji sustavno prate slijed pokusa istraživanja i u kojima je svaka tema prikazana uz pomoć relevantnih rezultata u obliku grafičkog sažetka obrađenoga programom Statistica 7 i Microsoft Excel.

Spomenuti dijelovi četvrtog poglavlja disertacije jesu:

1. *Uticaj vremena zavarivanja na izvlačnu silu,*
2. *Uticaj širine goda na izvlačnu silu,*
3. *Uticaj presjeka i teksture na izvlačnu silu i čvrstoću,*
4. *Uticaj dosjeda (zadora) na izvlačnu silu,*
5. *Uticaj dubine zavarivanja na izvlačnu silu i čvrstoću,*
6. *Uticaj frekvencije vrtnje na proces zavarivanja,*
7. *Uticaj modifikacije drva,*
8. *Usporedba lijepljenja moždanika,*
9. *Uticaj gustoće drva,*
10. *Dužinsko spajanje tokarenih elemenata,*
11. *Usporedba zavarivanja i lijepljenja,*
12. *SEM analiza zavarenog spoja.*

5. Zaključak

Zaključak je peto poglavlje i u njemu se navode dostignuća rada izvedena iz rezultata istraživanja i rasprave o njihovu značenju. Zaključci nedvojbeno prikazuju novostečeno znanje i njegovu vrijednost za primjenu u razvoju novih konstrukcijskih spojeva napravljenih metodom rotacijskog zavarivanja, kao i primjenu rotacijskog zavarivanja u izradi tokarenih štapova neograničene duljine.

Zaključci su disertacije sljedeći.

- Vrlo važan čimbenik zavarivanja jest vrijeme trajanja tog procesa. U određenom vremenskom intervalu, uz zadanu frekvenciju vrtnje, moždanik napravi određeni pomak u smjeru svoje uzdužne osi. Vrijednost izvlačne sile ovisi o vremenskom trajanju zavarivanja i s njegovim produljenjem dolazi do smanjenja izvlačne sile za glatke i nažljebljene moždanike zavarene u smjeru drvnih vlaknaca i okomito na njih.
- Važan čimbenik koji utječe na zavarivanje jest zador (razlika između promjera moždanika i rupe). U granicama ovog istraživanja najboljim se pokazao zador od 2,6 mm, i to pri zavarivanju moždanika u smjeru vlaknaca i okomito na njih.
- Dubina zavarivanja također je važan čimbenik koji utječe na izvlačnu silu i čvrstoću zavarenog spoja. Iz rezultata istraživanja proizlazi kako je optimalna dubina zavarivanja 20 mm jer spoj postiže najveću čvrstoću i zadovoljavajuću izvlačnu silu.
- Frekvencija vrtnje moždanika utječe na izvlačnu silu i čvrstoću spoja na način da je zabilježeno povećanje izvlačne sile s povećanjem frekvencije vrtnje od 865 o/min do 1720 o/min. Drugi njezin utjecaj jest onaj na silu potrebnu za utiskivanje moždanika i moment koji djeluje na moždanik za vrijeme zavarivanja. Zabilježeno je povećanje sile potrebne za utiskivanje moždanika s povećanjem frekvencije vrtnje, te povećanja momenta na moždanik smanjenjem frekvencije vrtnje.
- Utjecaj presjeka i teksture nije statistički značajan ali utječe na čvrstoću spoja odnosno na izvlačnu silu pri zavarivanju ili lijepljenju. Pri zavarivanju ili lijepljenju okomito na vlaknaca drva važan je smjer zavarivanja s obzirom na kružnicu goda. Tako je najpovoljniji smjer zavarivanja pod kutom od

45° prema kružnici goda (radijalno-tangentno), dok je taj smjer najnepovoljniji za lijepljenje. Najnepovoljniji smjer zavarivanja je radijalni (okomit na kružnicu goda) odnosno zavarivanje u smjeru drvnih trakova, a upravo je taj smjer najpovoljniji za lijepljenje moždanika.

- Utjecaj širine goda nije statistički značajan na vrijednost izvlačne sile pri zavarivanju moždanika u smjeru vlakana i okomito na njih.
- Modifikacija bukovine toplim zrakom utječe na smanjenja izvlačne sile zavarenoga ili slijepljenog spoja. Modifikacija bukovine toplim zrakom i limunskom kiselinom utječe na smanjenje (statistički značajno) izvlačne sile zavarenoga ili slijepljenog spoja. Pri zavarivanju moždanika modificiranoga toplim zrakom i limunskom kiselinom u nemodificiranu podlogu izvlačna sila odnosno čvrstoća spoja nije mogla biti izmjerena (utvrđena) jer je modifikacijom smanjena vlačna čvrstoća moždanika, pa dolazi do njegovog loma.
- Tokareni elementi mogu se uspješno dužinski spajati uz pomoć čepa ili moždanika (nažlijebljenoga ili glatkoga) tehnikom rotacijskog zavarivanja. Primjena rotacijskog zavarivanja moguća je za dužinsko spajanje tokarenih elemenata u štapove neograničene dužine, koji se mogu rabiti u proizvodnji namještaja i dijelova za namještaj. Zavareni spojevi (moždanik ili čep) postižu čvrstoću koja se može mjeriti s čvrstoćom slijepljenog spoja.

6. Prilozi

Poglavlje je podijeljeno na dva potpoglavlja. U prvom je opisana statistička analiza rezultata istraživanja i prikazana je uz pomoć grafova. Na kraju tog poglavlja nalazi se fotografski prikaz i slijed istraživanja.

7. Literatura

Literatura je utemeljena na proučavanju rotacijskoga i vibracijskog zavarivanja, spoznajama o anatomske, fizikalne i kemijske svojstvima drva, lijepljenju i modifikaciji drva.

OCJENA DISERTACIJE

Disertacija Ivica Župčića, dipl. ing. *Čimbenici koji utječu na spajanje tokarenih bukovih elemenata tehnikom zavarivanja* donosi istraživanja utjecaja pojedinih čimbenika na rotacijsko zavarivanje moždanika i čepa. Proces zavarivanja provodio se u kontroliranim uvjetima, pa su pri istraživanju pojedinog čimbenika frekvencija vrtnje i trajanje zavarivanja bili konstantni. Određen je sadržaj vode u ispitnim uzorcima, širina goda i gustoća drva. Rezultati i podaci dobiveni provedenim pokusima statistički su obrađeni s ciljem dobivanja konačnih zaključaka i prezentacije rezultata istraživanja. Pokusi u koje je uloženo mnogo truda provedeni su dobro i savjesno, pa je njihov rezultat velika količina podataka na kojima se temelje diskusija i zaključci.

Veliku pozornost kandidat je pridao odabiru uzoraka tako da su uzorci za promatrani čimbenik bili izrađeni od istog elementa drva, čijim su prepiljivanjem slijedili jedan iza drugog po visini (širina goda bila je približno jednaka). Tekstura drva također je bila ista za svaki promatrani čimbenik.

Neke se pretpostavke s početka istraživanja nisu ostvarile, ali je cilj rada ostvaren i svrha postignuta. Rad je donio niz novih spoznaja s područja zavarivanja masivnog drva i primjene rotacijskog zavarivanja. Tim novim, znanstveno utemeljenim spoznajama rad je potvrdio postavljenu hipotezu te dao značajan prilog istraživanjima rotacijskog zavarivanja bukovine. Naznake budućih istraživanja obećavaju i daljnji uspješan angažman autora na tom važnom i zanimljivom području znanosti u sklopu istraživanja i primjene zavarivanja.

Rad je osnova za buduća interdisciplinarna istraživanja na području primjene nekonvencionalnih metoda spajanja konstrukcijskih spojeva te je znanstveni doprinos stručnoj praksi u području primjene rotacijskog zavarivanja.

prof. dr. sc. Ivica Grbac