

بررسی و مقایسه مقاومت کششی اتصالات دابل چوب پهن برگ، ساخته شده به دو روش اتصال با چسب و جوشکاری

پانته آ عمرانی^{۱*} و رضا عیسی پور^۲

^{۱*} - نویسنده مسئول، استادیار، گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

پست الکترونیک: pantea.omrani@gmail.com

^۲ - دانشجوی کارشناسی ارشد گروه صنایع چوب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۹۵ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۳۹۶

چکیده

گنجاندن دابل‌ها در چوب ماسیو برای ساخت میلمان، برای قرن‌ها مورد استفاده بوده و به تازگی این تکنیک ساده به تکنولوژی جوشکاری چوب ارتقاء یافته است. هدف از این پژوهش، بررسی و مقایسه مقاومت کششی اتصالات ساخته شده با دابل چوبی به روش نوین جوشکاری و روش مرسوم استفاده از چسب می‌باشد. متغیرهای مورد بررسی، روش اتصال دابل (اتصال جوشکاری شده و اتصال با چسب)، قطر دابل (۱۰ و ۱۲ میلی‌متر) و شکل سطح دابل (صاف و شیاردار) در نظر گرفته شد. اعضای اتصال و دابل از گونه پهن‌برگ مرمر (*Carpinus betulus*) و چسب مصرفی پلی‌وینیل استات (PVA) انتخاب گردید. نتایج نشان دادند که نوع اتصال، قطر و سطح دابل بر مقاومت کششی اثر معنی‌داری دارد؛ به طوری که اتصالات جوشکاری شده، دابل با قطر ۱۲ mm و دابل با سطح شیاردار دارای بیشترین مقاومت کششی نسبت به سایر نمونه‌ها بودند. همچنین نتایج نشان داد که در تمام حالت‌ها، مقاومت‌های مربوط به اتصالات ساخته شده توسط روش جوشکاری، نسبت به اتصالات ساخته شده توسط چسب PVA بیشتر بود.

واژه‌های کلیدی: جوشکاری چوب، اتصال دابل، مقاومت کششی اتصال، پلی‌وینیل استات، گونه مرمر

مقدمه

به‌طور معمول در ترکیب اجزای یک سازه، راه‌های گوناگونی برای در کنار هم نگه‌داشتن اجزاء وجود دارد؛ از جمله اتصال مکانیکی (همانند استفاده از پیچ، میخ و بست) و یا اتصال با چسب و یا ترکیبی از هر دو. با توجه به اینکه بیشتر چسب‌های رایج در ساخت اتصالات، حاوی حلال‌هایی هستند که ممکن است در زمان خشک شدن چسب و یا در طول استفاده از موتناژ چوبی در محیط، بخارهای سمی از خود ساطع کنند، بنابراین اتصالات چسبی، دورریزهای بالقوه خطرناک هستند. همچنین زمان سخت شدن آنها زیاد بوده و در مقابل رطوبت، پایداری کمی دارند؛ از این‌رو استفاده از چسب‌ها در ساخت سازه‌های

باتوجه به اینکه بیشتر مصنوعات چوبی چند جزئی هستند، به‌کارگیری اتصالات در ساختار آنها اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. اتصالات به‌عنوان اساسی‌ترین بخش در طراحی و ساخت میلمان و سازه‌های چوبی محسوب می‌شوند؛ به طوری که بار وارده را به‌طور پیوسته تحمل کرده و بنیان سازه را به‌وجود می‌آورند. انتخاب صحیح یک اتصال با توجه به محل استفاده و نوع کاربرد موتناژ، ضامن کیفیت و پایداری محصول ساخته شده در طول مدت زمان استفاده می‌باشد. از طرفی استفاده از اتصالات، محدودیت اندازه و ابعاد را در چوب درختان به‌عنوان ماده اولیه از بین می‌برد.

بنابراین می‌توان ادعا کرد که تکنولوژی جوشکاری چوب، معرفی‌کننده بالاترین کیفیت زیست‌محیطی است، زیرا مونتاژهای حاصل از این فرایند منحصراً در یک پروسه ترمودینامیک تهیه می‌شوند. روش‌های متفاوت جوشکاری چوب عبارتند از: (الف) جوشکاری چرخشی یا دورانی، (ب) جوشکاری خطی یا ارتعاشی و (ج) جوشکاری مداری یا اوربیتال، که دو نوع اول بیشتر مورد توجه محققان قرار گرفته است. تکنولوژی جوشکاری چوب در واقع به‌کارگیری یک پروسه اصطکاک بین دو قطعه چوب می‌باشد. اساس فرایند جوشکاری چوب، ذوب و شارش مواد تشکیل‌دهنده دیواره‌های ایلف چوبی، عمدتاً لیگنین و تا حدی همی سلولز می‌باشد. ذوب این پلیمرهای آمورف، از افزایش دمایی بالاتر از ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد حاصل می‌شود.

جوشکاری قطعات چوبی با یکدیگر بر اثر اصطکاک دورانی دوپل‌های چوبی برای اولین بار توسط Suthoff (۱۹۹۷) مطرح و بررسی شد. Gfeller (۲۰۰۳) فرایند جوشکاری خطی چوب را مورد بررسی قرار داد. اولین تحقیقات علمی جامع بر روی جوشکاری چرخشی چوب، بدون استفاده از چسب نیز، توسط Pizzi و همکاران (۲۰۰۴) مطرح شد.

Omrani و همکاران (۲۰۰۷) با ارائه یک مدل زیگزاگ و استفاده از روش جوشکاری چوب، به‌منظور اتصال لب به لب بین دو تخته چوبی، نشان دادند که این اتصالات بدون استفاده از هر نوع چسبی، با وجود ۲ ساعت جوشیدن در آب دارای مقاومت مکانیکی قابل توجهی هستند.

در تحقیقی دیگر، Omrani و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که اتصالات جوشکاری شده با وجود قرارگیری در معرض شرایط جوی غیرسرویشیده به مدت یکسال، دارای مقاومت‌های مکانیکی مناسبی می‌باشند.

Omrani و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که پروسه جوشکاری چوب، فرایندی سالم و بی‌خطر برای انسان و محیط‌زیست است. در واقع با آنالیز مواد فرار و گازهای ناشی از دود جوشکاری چوب، در راش و نوئل نشان دادند که محتویات دود حاصل از جوشکاری، بخار آب، CO₂ و

چوبی مشکلاتی را به دنبال خواهد داشت. از سوی دیگر استفاده از میخ‌ها، پیچ‌ها و بست‌های فلزی نیز علاوه بر ایجاد نمای نامناسب ظاهری در مونتاژ چوبی، در محیط‌های مرطوب دچار زنگ‌زدگی و در نهایت سستی و تضعیف اتصالات را در مونتاژ سبب می‌شوند.

البته تا قبل از پیدایش تکنولوژی جدید جوشکاری چوب، هیچ اختراعی در زمینه کاهش گسترده کاربرد چسب‌ها در صنایع چوب انجام نشده بود. به‌طوری‌که با ایجاد این تکنولوژی نوین، حذف محصولات بالقوه سمی، مانند چسب‌های بر پایه فرم‌آلدئید یا حتی وینیل‌یک و اکریلیک که فرار و سمی هستند و در حال حاضر در محصولات چوبی مورد استفاده قرار می‌گیرند، امکان‌پذیر شد.

تکنولوژی نوین جوشکاری چوب، که امروزه در اروپا و آمریکا مورد توجه محققان قرار گرفته است، بیشتر معایب ذکر شده را رفع کرده است. استفاده از جوشکاری چوب امکان ساخت مونتاژهای چوبی از قطعات کوچک‌تر در اندازه دلخواه را بدون استفاده از مواد ثانویه ذکر شده ممکن می‌سازد. بنابراین می‌توان گفت تکنولوژی جوشکاری، پاسخی به رفع مشکلات یادشده است. در واقع هدف از این تکنولوژی جدید اتصال، تولید مونتاژهای چوبی در اندازه دلخواه است که می‌تواند کیفیت و فرایند تولید مونتاژهای چوبی را بهبود ببخشد. عدم استفاده از مواد ثانویه برای برقراری اتصالات، مشکلاتی را که چسب‌ها برای سلامتی ایجاد می‌کنند و یا میخ‌هایی که در مجاورت رطوبت از بین می‌روند را برطرف می‌سازد. علاوه بر این تهیه مونتاژها به روش جوشکاری به دلیل حذف مواد ثانویه، از نظر اقتصادی بسیار مقرون‌به‌صرفه می‌باشد.

از دیگر مزیت‌های بسیار ارزشمند استفاده از این فناوری، کاهش چشمگیر زمان لازم برای تولید مونتاژها می‌باشد. یعنی زمانی برابر چند ثانیه در مقابل چندین ساعت که برای پلیمریزه شدن کامل چسب لازم است. در واقع مقاومت مکانیکی بیشینه برای این مونتاژهای فاقد چسب، فوراً بعد از جوشکاری و فقط در چند ثانیه حاصل می‌شود.

شده در جهت لیاف، متناسب با جرم ویژه چوب است؛ ولی تحمل بار در دوبل‌هایی که در جهت عمود بر لیاف بارگذاری شوند متناسب با جرم ویژه و قطر دوبل است. NoII (۲۰۰۷) بیان کرد که بهترین نوع اتصال با دوبل: قطر اتصال دوبل ۱۰ میلی‌متر است که طول آن چهار برابر قطر آن (۴۰ میلی‌متر) و قطر سوراخ دوبل برابر با قطر دوبل چوبی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مواد

اعضای اتصال، از گونه ممرز (*Carpinus betulus*) تهیه و به مدت ۳ ماه در هوای آزاد خشک و بعد به ابعاد مورد نظر برش داده شدند. برای ساخت اتصالات، دوبل‌های چوبی نیز از گونه ممرز با قطرهای ۱۰ و ۱۲ میلی‌متر، با دو سطح صاف و شیاردار، از بازار فراورده‌های چوب تهران تهیه شدند.

همچنین برای آماده‌سازی نمونه‌های مونتاژ شده با چسب چوب از چسب چوب پلی وینیل استات (PVA) استفاده گردید. این چسب از کارخانه چسب‌سازی پارس تهیه شد که مشخصات آن در جدول ۱ آمده است.

مقداری ترکیبات تخریب شده از کربوهیدرات‌های پلیمری چوب و لیگنین‌های آمورف هستند و البته ترین‌های فرار برای سوزنی‌برگان. کربوهیدرات‌های اصلی که در ترکیبات فرار وجود دارند، گزین‌ها برای راش و گلوکومانان‌ها برای نوئل هستند. نسبت CO_2 منتشر شده بسیار کم است و هیچ CO و متانی نیز مشاهده و منتشر نشده است.

Eckelman و Erdil (۲۰۰۲) مقاومت خمشی و کششی اتصال دوبل را در تخته لایه و تخته تراشه جهت‌دار ارزیابی کردند. براساس نتایج این تحقیق در مورد نمونه‌هایی با یک اتصال دوبل چوبی، مقاومت کششی به قطر و عمق نفوذ دوبل و دانسیته تخته وابسته است.

Said و همکاران (۱۹۹۳) مقاومت خمشی و کششی اتصال دوبل را با استفاده از دوبل ساخته شده از سه گونه چوب (*Sapotacea*)، (*Gonystylces*) و (*Hevea brasili*) بررسی کردند. نتایج این پژوهشگران نشان داد که اختلافی میان گونه‌های چوب وجود ندارد؛ ولی بیشترین مقاومت کششی در مورد استفاده از دوبل با شیارهای مارپیچی به دست آمده است.

Wilkinson (۱۹۹۱) تحمل بار دوبل را مورد بررسی قرار داد. نتایج او نشان داد که تحمل بار دوبل بارگذاری

جدول ۱- مشخصات چسب مورد استفاده در ساخت اتصال

نوع چسب	دانسیته (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	درصد مواد جامد	زمان ژله‌ای شدن در $20^{\circ}C$ (دقیقه)	PH	مدت زمان امکان استفاده در دمای اتاق (دقیقه)	رنگ
PVA	۱/۰۸	۶۰-۶۵	۲۰-۳۰	۵	۲۰-۳۰	سفید

روش‌ها

برای اندازه‌گیری وزن مخصوص اعضای اتصال و دوبل چوبی ممرز، وزن نمونه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و ابعاد آنها نیز با استفاده از کولیس اندازه‌گیری شده و محاسبه شد که وزن مخصوص نمونه‌های چوب ممرز 0.7 gr/cm^3 و وزن مخصوص دوبل‌های چوبی ممرز 0.75 gr/cm^3 بود.

برای ساخت نمونه‌های آزمون کششی، در هر دو نوع اتصال جوشکاری و اتصال با چسب، چوب‌ها مطابق با استاندارد EN 326-1 به ابعاد $5 \times 5 \times 2/5$ سانتی‌متر برش داده شدند. ساخت نمونه‌های آزمون به روش جوشکاری چرخشی، توسط دریل با دور موتور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه (RPM) انجام شد. برای تهیه مونتاژهای آزمون مقاومت کششی، دو قطعه چوب روی هم قرار گرفت که توسط یک دوبل چوبی



شکل ۱- شکل نمونه آزمون مقاومت کششی
(اتصال جوشکاری شده)

جدول ۲- سطوح عوامل متغیر مورد بررسی

عوامل متغیر	تعداد سطوح	سطوح
سطح دوبل چوبی	۲	صاف
قطر دوبل چوبی	۲	قطر ۱۰ میلی متر
نوع اتصال	۲	اتصال جوشکاری شده

قرار گرفته شده بودند از میکروسکوپ الکترونی^۱ مدل VEGA TS 5136 MM ساخت شرکت TESCAN کشر چک استفاده شد. نمونه‌ها ابتدا به ابعاد ۱×۱×۱ سانتی متر بریده شده، و در دستگاه DC Sputter قرار گرفتند (وظیفه این دستگاه آماده‌سازی نمونه‌ها با ایجاد یک لایه بسیار نازک طلا، با حداکثر ضخامت ۲۰ نانومتر، برای رساناشدن می‌باشد؛ به عبارتی دیگر، دستگاه با ایجاد خلأ و تزریق گاز آرگون، لایه‌نشانی طلا بر روی سطح نمونه‌ها انجام می‌دهد). سپس تصویربرداری توسط دستگاه SEM انجام شد.

نتایج آزمون مقاومت کششی، با آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از روش دانکن استفاده گردید، و مراحل آماری با نرم‌افزار SPSS انجام شد. تمام مقایسه‌ها در سطح معناداری ۵ درصد انجام شد.

$$P = \frac{F_{\max}}{A}$$

با توجه به عوامل متغیر مورد بررسی و معرفی شده در (جدول ۲) و آزمون مقاومت کششی، از ترکیب عوامل متغیر و سطوح آنها نمونه‌های آزمونی تهیه شد.

اندازه‌گیری مقاومت کششی نمونه‌ها پس از گذشت ۱۵ روز از زمان ساخت آنها و قرار دادن نمونه‌ها در محیط آزمایشگاهی با شرایط رطوبت نسبی 5 ± 65 درصد و دمای 2 ± 20 درجه سانتی‌گراد انجام شد.

آزمون مقاومت کششی، مطابق استاندارد EN 319 انجام شد. دستگاه استفاده شده در این آزمون، Tensile Tester مدل STT-5T ساخت شرکت Sanaf ایران و سرعت بارگذاری ۵ میلی‌متر در دقیقه بوده است. حداکثر نیروی وارده برحسب نیوتن ثبت شد.

مقاومت کششی طبق رابطه (۱) محاسبه شد که در آن P مقاومت در برابر کشش برحسب (N/mm^2) ، F_{\max} نیروی حداکثر برحسب (N) و A سطح مقطع نمونه برحسب (mm^2) می‌باشد.

$$P = \frac{F_{\max}}{A} \quad \text{رابطه (۱) محاسبه مقاومت کششی}$$

برای مشاهده ساختار الیافی که در معرض جوشکاری

1-Scanning Electron Microscopy (SEM)

نتایج

مقاومت کششی

جدول ۳ تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر بر مقاومت کششی را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۳ به جز اثر متقابل قطر و سطح و نیز اثر متقابل نوع اتصال، قطر و سطح که در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیستند، اثر مستقل و متقابل

دیگر عوامل متغیر بر مقاومت کششی نیز معنی‌دار است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که تأثیر مستقل هریک از سطوح، یعنی نوع اتصال، قطر و سطح بر مقاومت کششی در سطح ۵ درصد معنی‌دار است، به همین دلیل مقایسه میانگین‌ها در نمودار ۱ نشان داده شده است.

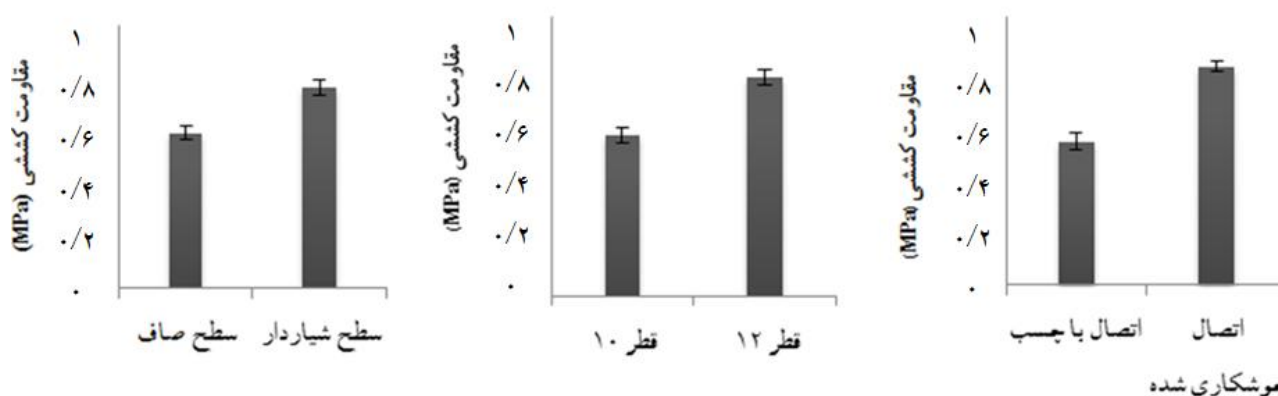
جدول ۳- تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر بر مقاومت کششی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	sig
نوع اتصال	۱	۰/۷۰۷	۵۰/۴۱	*./۰۰۰
قطر	۱	۰/۳۹۶	۲۸/۲۲۵	*./۰۰۰
سطح	۱	۰/۲۷۳	۱۹/۴۶۶	*./۰۰۰
نوع اتصال×قطر	۱	۰/۰۹	۶/۳۸۲	*./۰۱۶
نوع اتصال×سطح	۱	۰/۰۸	۵/۶۹۰	*./۰۲۲
قطر×سطح	۱	۰/۰۰۱	۰/۰۴۲	n.s./۰۸۳۹
نوع اتصال×قطر×سطح	۱	۰/۰۰۰	۰/۰۱۴	n.s./۰۹۰۵

* معنی‌داری در سطح ۵ درصد و n.s. عدم معنی‌داری

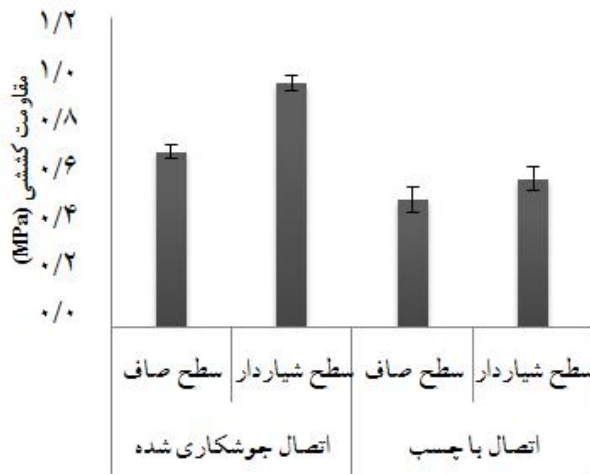
نمودار ۱- الف، نشان می‌دهد که بیشترین مقاومت کششی مربوط به اتصالات ساخته شده توسط فرایند جوشکاری و کمترین مقاومت کششی نیز مربوط به نمونه‌های اتصال با چسب (با استفاده از چسب PVA) می‌باشد. نمودار ۱- ب، نشان می‌دهد که بیشترین مقاومت کششی مربوط به اتصالات ساخته شده توسط دوبل چوبی با قطر ۱۲ mm و کمترین مقاومت

کششی نیز مربوط به نمونه‌هایی است که اتصال توسط دوبل چوبی با قطر ۱۰ mm انجام شده است. نمودار ۱- ج، نشان می‌دهد که بیشترین مقاومت کششی مربوط اتصالات ساخته شده توسط دوبل با سطح شیاردار می‌باشد و کمترین مقاومت کششی نیز مربوط به نمونه‌هایی است که در اتصال، از دوبل چوبی با سطح صاف استفاده شده است.



الف- تأثیر مستقل نوع اتصال بر مقاومت کششی ب- تأثیر مستقل قطر بر مقاومت کششی ج- تأثیر مستقل سطح بر مقاومت کششی نمودار ۱- تأثیر مستقل نوع اتصال، قطر و سطح دوبل بر مقاومت کششی

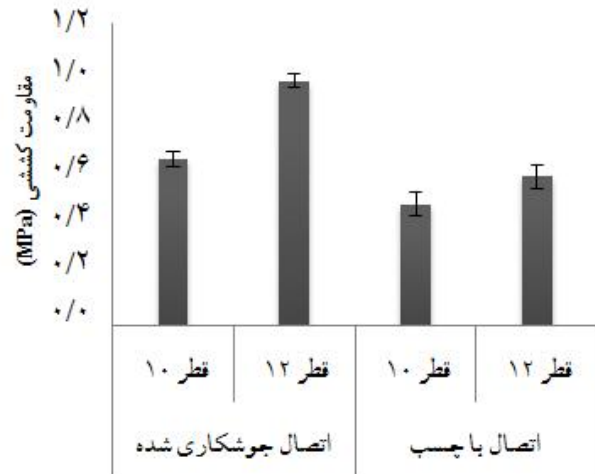
نمودار ۲، تأثیر متقابل نوع اتصال و قطر و تأثیر متقابل نوع اتصال و سطح بر مقاومت کششی را نشان می‌دهد که با توجه به جدول ۳ در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. نمودار ۲-الف، نشان می‌دهد که بیشترین مقاومت کششی مربوط به اتصالات ساخته شده توسط دابل با قطر ۱۲ mm می‌باشد و کمترین مقاومت کششی نیز مربوط به نمونه‌هایی است که اتصال دابل با قطر ۱۰ mm می‌باشد.



الف- تأثیر متقابل نوع اتصال و قطر بر مقاومت کششی

نمودار ۲-ب تأثیر متقابل نوع اتصال و سطح بر مقاومت کششی

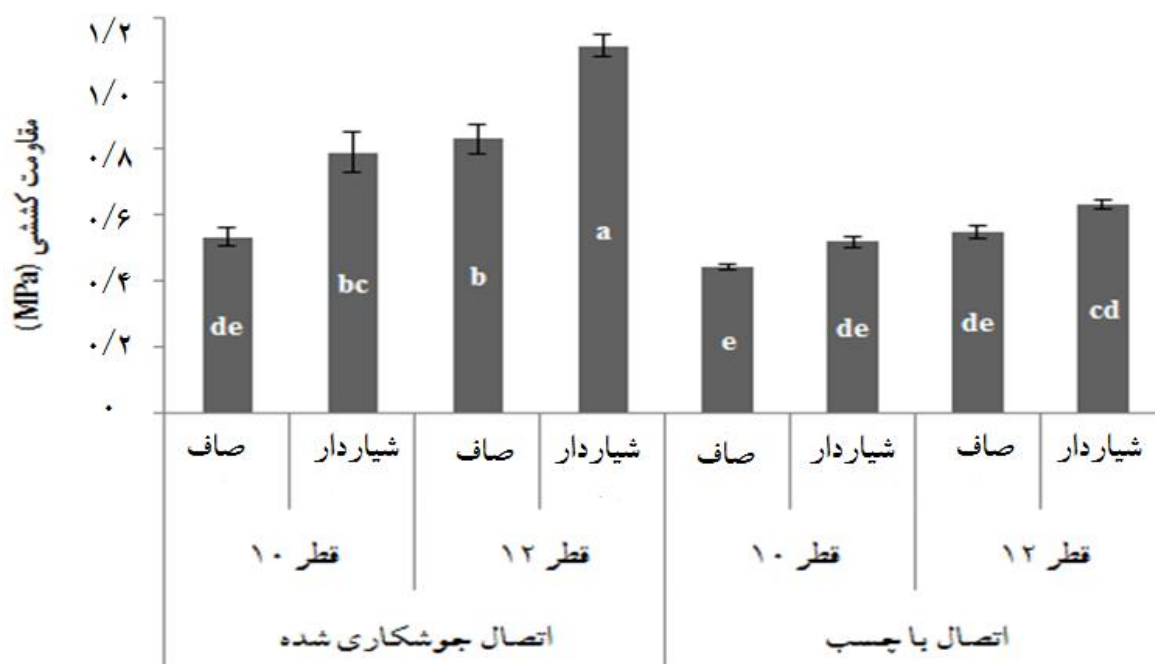
همچنین نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که تأثیر متقابل نوع اتصال، قطر و سطح بر مقاومت کششی در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست. مقایسه میانگین‌ها و گروه‌بندی دانکن در نمودار ۳ نشان داده شده است.



ب- تأثیر متقابل نوع اتصال و سطح بر مقاومت کششی

مقایسه میانگین‌ها در نمودار ۳ نشان می‌دهد که نمونه‌های جوشکاری شده دارای مقاومت کششی بیشتری نسبت به نمونه‌های اتصال با چسب می‌باشند، به طوری که مقاومت کششی نمونه‌های جوشکاری شده شامل اتصالات با دابل ۱۰ صاف، ۱۰ شیاردار، ۱۲ صاف و ۱۲ شیاردار به ترتیب ۱/۵۱، ۱/۵۲ و ۱/۷۶ برابر بیشتر نسبت به نمونه‌های اتصال با چسب (اتصال با کمک چسب PVA) خودشان بودند. همچنین نتایج نشان داد با افزایش قطر دابل از ۱۰ mm به ۱۲ mm مقاومت کششی افزایش می‌یابد؛ به طوری که در

نمونه‌های جوشکاری شده با افزایش قطر دابل دارای سطح صاف، مقاومت کششی از ۰/۵۳ به ۰/۸۳ مگاپاسکال (MPa) می‌رسد. در حالت استفاده از دابل با سطح شیاردار نیز مقاومت کششی از ۰/۷۹ به ۱/۱ مگاپاسکال افزایش می‌یابد. دیگر نتیجه به دست آمده در این مطالعه نشان‌دهنده مقاومت کششی بیشتر اتصالات دابل با سطح شیاردار نسبت به دابل با سطح صاف است که این اختلاف مقاومت علاوه بر نمونه‌های جوشکاری شده در بین نمونه‌های اتصال با چسب نیز قابل مشاهده است. همان‌طور که در نمودار ۳ مشاهده می‌شود، بیشترین مقاومت کششی مربوط به اتصالات ساخته شده توسط دابل با سطح شیاردار و قطر ۱۲ mm، به روش جوشکاری می‌باشد و کمترین مقاومت کششی نیز مربوط به نمونه‌هایی است که اتصال دابل با سطح صاف و قطر ۱۰ mm، توسط چسب انجام شده است.



نمودار ۳- تأثیر متقابل نوع اتصال، قطر و سطح دوپل بر روی مقاومت کششی

بحث

رؤیت می‌باشد. ناحیه تیره‌تر که در واقع حد مرز بین دوپل و اعضای اتصال است، دارای دانسیته‌ای بالاتر از دو بخش می‌باشد. این ناحیه، سطح جوشکاری (در تصویر چپ) و یا خط جوشکاری (در تصویر راست) در مونتاژ چوبی است که نشان‌دهنده پیوندهای جدید بین الیاف دو بخش دوپل و اعضای اتصال می‌باشد (Omran, 2006).

مقایسه نتایج حاصل از کشش در اتصالات جوشکاری شده با اتصالات چسبی نشان داد که در تمام موارد مونتاژهای حاصل از جوشکاری دارای مقاومت بیشتری نسبت به مونتاژهای با چسب می‌باشند. در برش طولی یک مونتاژ چوبی جوشکاری شده (شکل ۲)، اتصالی منسجم و در عین حال ظریف بین دوپل و اعضای اتصال به‌خوبی قابل

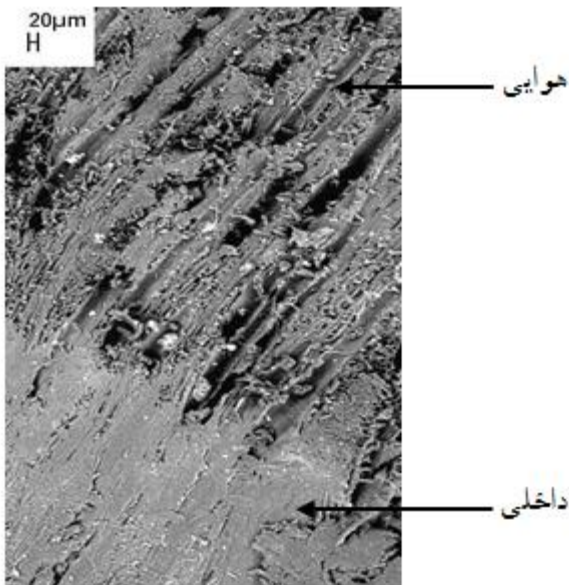


شکل ۲- برش طولی از یک اتصال جوشکاری شده

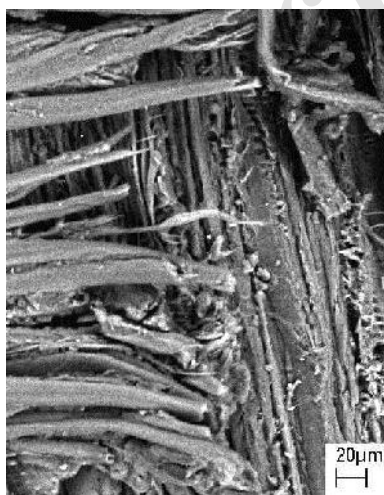
که منجر به افزایش حجم ماده چوبی در سطح مشترک

ذوب مواد دیواره سلول‌های چوبی در هنگام جوشکاری

چوبی را نشان می‌دهد. قسمت وارد شده دوبل در فرایند جوشکاری که در پایین و سمت چپ تصویر قابل مشاهده می‌باشد، نمایی صاف را نشان می‌دهد که حکایت از ذوب مواد دیواره سلول‌های دوبل چوبی دارد که در اثر گرمای حاصل از چرخش دوبل رخ داده است. این بخش در واقع نشان می‌دهد که دمای جوشکاری، ویژگی‌های آناتومیکی چوب را تقریباً به‌طور کامل از بین برده است.



شکل ۳- بخش هوایی (بخش جوشکاری نشده) و بخش داخلی (بخش جوشکاری شده) از یک دوبل چوبی



شکل ۴- تصویر بخشی از یک عضو اتصال (فیبرهای افقی) جوشکاری شده با دوبل چوبی (فیبرهای عمودی)

اعضای اتصال و دوبل از یک‌طرف و تشکیل پیوندهای جدید بین الیاف دوبل و اعضای اتصال از طرف دیگر می‌شود، سبب شده است که نمونه‌های جوشکاری شده مقاومت بیشتری نسبت به اتصالات با چسب از خود نشان دهند. علاوه بر این، همگنی و یکنواختی نوع ماده اتصال‌دهنده در هر دو بخش مورد اتصال (یعنی دوبل و اعضای اتصال) که در واقع همان لیگنین و البته تا حدی همی‌سلولزها هستند، عامل دیگری است که باعث افزایش مقاومت در این اتصالات، نسبت به اتصالات با چسب شده است. به عبارت روشن‌تر ماده چسبنده بین دو قطعه مورد اتصال که به صورت سیمانی بین اتصالات عمل می‌کند، همان مواد ذوب شده دیواره سلول‌ها در هنگام فرایند جوشکاری می‌باشد.

با توجه به نتایج ارائه شده در نمودارها، استفاده از دوبل‌های چوبی با قطرهای متفاوت، نشان داده است که دوبل‌های با قطر بیشتر، مقاومت بیشتر مونتاژهای چوبی را سبب می‌شوند.

Erdil و Eckelman (۲۰۰۲) نشان دادند که مقاومت کششی یک اتصال دوبل چوبی، وابسته به قطر آن است. در واقع با افزایش قطر دوبل چوبی، سطح دوبل افزایش یافته، بنابراین در اتصالات چوبی نیز مانند هر اتصال دیگری با افزایش سطح چسبندگی، مقاومت‌ها نیز افزایش می‌یابد. در تکنولوژی جوشکاری نیز افزایش سطح دوبل باعث افزایش سطح جوشکاری و در نتیجه افزایش مقاومت مکانیکی می‌شود. به عبارتی با افزایش سطح جوشکاری، میزان مواد لیگنینی که همانند سیمان، نقش اتصال‌دهنده بین اعضای اتصال و دوبل چوبی را بر عهده دارند و همچنین تعداد پیوندهای ایجاد شده بین قطعات اتصال، افزایش خواهد یافت. به‌طوری‌که Eckelman و همکارانشان (۲۰۰۲) نیز در تحقیقات دیگری بیان کردند که مقاومت اتصال دوبل در برابر بار کششی به دلیل افزایش سطح تماس چسبندگی افزایش می‌یابد.

البته آنچه در ساختار اتصالات جوشکاری شده اتفاق می‌افتد، می‌توان به کمک عکس‌های SEM تحلیل کرد. شکل ۳، تصویر SEM از قسمت‌های مختلف یک دوبل

ایجاد کند.

منابع مورد استفاده

- Eckelman, A. and Erdil, Z., 2002. Withdrawal and bending strength of dowel joints construction at plywood and O.S.B. *Forest Products Journal*, 52:9:66-72.
- Eckelman, C.A., Erdil, Y.Z. and Zhang, j., 2002. Withdrawal and Bending Strength of Dowel Joints Constructed of Plywood and Oriented Strand board. *Forest Products Journal*, 59(9):pp.66-74.
- European Standard EN 319, 1996. Wood based panels, determination of tensile strength perpendicular to plane of the board. European Standardization Committee, Brussell.
- European Standard EN 326-1: 1993. Wood based panels, Sampling, cutting and inspection. Sampling and cutting of test pieces and expression of test results.
- Gfeller, B., Zanetti, M., Properzi, M., Pizzi, A., Pichelin, F., Lehmann, M. and Delmotte, L., 2003. Wood bonding by vibrational welding. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 17: 1573-1589.
- Noll, T., 2007. *Wood Workers Joints Book*. Apple press, united kingdom, 192P.
- Omrani, P., 2006. *Soudage du bois*.
- Omrani, P., Bocquet, J., pizzi, A., Leban, J. and Mansouri, H.R., 2007. Zig-zag rotational dowel welding for exterior wood joints. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 10: 923-933.
- Omrani, P., Mansouri, H.R. and pizzi, A., 2008. Weather exposure durability of welded dowel joints. *Holz Roh Werkstoff*, 66: 161-162.
- Omrani, P., Masson, E., pizzi, A. and Mansouri, H.R., 2008. Emission of gases and degradation volatiles from polymeric wood constituents in friction welding of wood dowels. *Polymer Degradation and Stability*, 93: 794-799.
- Pizzi, A., Leban, J., Kanazawa, F., Properzi, M. and Pichelin, F., 2004. Wood dowel bonding by high-speed rotation welding. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 18(11): 1263-1278.
- Said, A., Ashaari, H., Roslan, A. and Hilmi, M., 1993. Withdrawal and bending strength of dowel from three Malasian timbers. *Journal of tropical forest science*, 6(1): 74-80.
- Suthoff, B. and Kutzer, H., 1997. J. Offen legun gsschrift DE 197 46 782 A 1. Deutsches Patent und Markenamt.
- Wilkinson, T., 1991. Dowel Bearing Strength. *Research paper forest products laboratory*, 505,9P.

در شکل ۴، تصویر SEM جزئیات فیبرهای بخشی از یک عضو اتصال را نشان می‌دهد که به صورت افقی بر روی فیبرهای عمودی دوبل چوبی جوشکاری شده‌اند. فیبرهای افقی عضو اتصال که در واقع همان مواد دوبل شده میان سلولی هستند، از یک طرف با همدیگر و از طرف دیگر با فیبرهای عمودی سطح دوبل درگیر شده و پیوند تشکیل می‌دهند. بخشی از ساختار دست‌نخورده دوبل، در سمت راست تصویر قابل مشاهده است. درگیری مشاهده شده در این تصویر بین فیبرهای چوبی عضو اتصال و دوبل از یک طرف با خود و از طرف دیگر با یکدیگر، یک شاهد عینی برای نرم‌شدگی یا ذوب مواد بین سلولی (ناشی از افزایش دما) و شارش این مواد در سطح اتصال می‌باشد.

همچنین مقایسه مقاومت‌های مکانیکی مونتاژهای حاصل از جوشکاری با دوبل‌های چوبی صاف و شیاردار نشان داده است که دوبل‌های چوبی شیاردار، مونتاژهای مقاوم‌تری تولید می‌کنند. این افزایش مقاومت در هنگام استفاده از دوبل چوبی شیاردار به سه علت اتفاق می‌افتد: ۱- شیار موجود در سطح دوبل، باعث افزایش سطح جوشکاری می‌شود و همان‌طور که در بخش پیشین نیز تحلیل شد، افزایش سطح جوشکاری باعث افزایش مقاومت‌های مکانیکی می‌شود؛ ۲- دوبل‌های با سطح شیاردار، دارای الیاف سطحی با جهت‌گیری خاص بیشتری هستند که مستعد درهم رفتگی بیشتر، بهتر و آسان‌تر با الیاف خود و الیاف مواد اعضای اتصال می‌باشند؛ ۳- در تحقیقات پیشین Omrani و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که دود حاصل از جوشکاری دارای مقدار زیادی بخار آب می‌باشد. بنابراین می‌توان بیان کرد که شیار موجود در دوبل چوبی باعث شده است که خروج بخار آب حاصل از فرایند جوشکاری، بهتر، سریع‌تر و بیشتر انجام شود. در واقع می‌توان گفت با وجود اینکه حضور بخار آب ایجاد شده می‌تواند تا حدی در تشکیل پیوندهای بین الیاف تأثیرگذار باشد؛ اما حضور بیش از حد بخار آب و احتباس آن در محل جوشکاری در زمان فرایند جوشکاری می‌تواند در ادامه روند جوشکاری تأثیر منفی

Investigating and comparing the tensile strength of hardwood dowel joints, made by glue and welding

P. Omrani^{1*} and R. Eisapour²

1*-Corresponding author, Assistant Professore, Wood Science and Technology Department, The Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran, E-mail: pantea.omrani@gmail.com.

2-M.Sc., Wood Science and Technology Department, The Faculty of Civil Engineering, Shahid Rajaei Teacher Training University, Tehran, Iran

Received: Feb., 2017

Accepted: July, 2017

Abstract

The insertion of dowels into solid wood for furniture manufacture has been used for centuries. However, recently, this simple technology has been upgraded. The objective of the research was to evaluate and compare the tensile strength of the joints made by wood dowel using new method of “wood welding” and classical method of “using of glue”. Variables included dowel joints method (welding joint and joint with glue), dowel diameter (10 and 12 mm) and dowel surface texture (smooth and grooved). Members joint and dowel wood were hornbeam species (*Carpinus betulus*) and glue was polyvinyl acetate (PVA). The results showed that the types of joints, diameter and surface texture have significant effect on the tensile strength. The welded joints, dowel diameter 12 mm and grooved surface has the highest tensile strength compared to other samples. The results also showed that in all cases, the strengths of the joints made by welding was higher than the joints made by PVA glue.

Keywords: Wood welding, dowel joint, the tensile strength of the joint, polyvinyl acetate, *Carpinus betulus*.