فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران شناسه دیجیتال (DOI):10.22092/IJWPR.2017.115561.1439
جلد ۳۲، شماره ۴، صفحه ۶۰۵-۵۹۶ (۱۳۹۶)

بررسی اثر قطر و سطح دوبل در اتصالات چوب سوزنی‌برگ، ساخته شده به دو روش جوشکاری و اتصال با چسب

پانته‌آ عمرانی[۱*]، هادی مریمی[۲] و رضا عیسی‌پور[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 عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: دی ۱۳۹۶

چکیده

اتصالات در مبلمان و سازه‌های چوبی به‌علت حساسیت زیاد در برابر تحمل بار یکی از مهمترین مباحث علمی امروزه می‌باشند. جدیدترین روش مطرح در اروپا و امریکا برای ساخت اتصالات چوبی، روشی است دوستدار محیط‌زیست، بدون استفاده از هر نوع ماده چسبنده یا اتصال‌دهنده به نام "جوشکاری چوب". در این پژوهش، تأثیر اندازه قطر و سطح دوبل بر مقاومت کششی اتصالات چوب سوزنی‌برگ ساخته شده با دوبل چوبی به دو روش جوشکاری چوب و اتصال با چسب، بررسی شد. چسب پلی‌وینیل استات (PVA) برای ایجاد اتصال، گونه نراد (Abies alba) برای اعضای اتصال و گونه ممرز (Carpinus betulus) برای دوبل‌های اتصال‌دهنده، به‌عنوان عوامل ثابت انتخاب شدند. ساختار سطوح جوشکاری شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، مورد تحلیل قرار گرفت. بررسی داده‌های حاصل از آزمون مقاومت کششی، نشان داد که پارامترهای اندازه قطر و نوع سطح دوبل بر مقاومت کششی اتصالات چوب سوزنی‌برگ اثر معنی‌داری در هر دو روش اتصال دارند.

واژه‌های کلیدی: جوشکاری چوب، گونه نراد، پلی‌وینیل استات، اتصال دوبل، مقاومت کششی اتصال.

مقدمه

از بخش‌های مهم مبلمان و سازه‌های چوبی، اتصالات آنها است که باید شرایط تحمل بارهای وارده را داشته باشد. بحث اتصالات چوبی بسیار پیچیده، حساس و قابل تأمل است. اتصال، باید از نظر مکانیکی تحمل بارهای وارده را داشته و در اثر گذشت زمان و عوامل محیطی ضعیف نشود. بدین‌جهت نیز تحقیقاتی انجام‌شده است که دو دلیل عمده انجام این تحقیقات عبارت‌اند از: ۱- کاربرد بهینه اتصالات برای افزایش دوام و عمرمفید یک سازه چوبی و صرفه‌جویی در مواد اولیه؛ نتیجه این کار، کمک به حفظ و بقا بیشتر جنگل‌ها و منابع چوبی می‌باشد؛ و ۲- ایجاد ایمنی در سازه‌های مختلف چوبی با تعیین ظرفیت تحمل بار اتصالات.

روش‌های مختلفی برای ساخت اتصالات چوبی همانند استفاده از چسب، پیچ، میخ، بست و غیره وجود دارند. در واقع به‌کارگیری هریک از موارد ذکر شده مشکلاتی مانند آلودگی محیط‌زیست، عدم استحکام و زیبایی را درپی دارد. اگرچه سال‌هاست که اتصالات با چسب جایگزین اتصالات با بست شده‌اند، اما گاهی استفاده از چسب به‌عنوان نگه‌دارنده قطعات در کنار یکدیگر به‌منظور ساخت مونتاژهای چوبی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. متأسفانه استفاده از

چسب‌ها، علاوه بر سَمّی و مُضر بودن برای سلامتی انسان، در بیشتر موارد عدم استحکام در برابر رطوبت را نیز به دنبال دارد. یک عیب بزرگ دیگر این اتصالات زمان نسبتاً طولانی برای خشک شدن کامل چسب مصرفی است. استفاده از میخ‌ها، پیچ‌ها و بست‌های فلزی نیز علاوه بر ایجاد نمای نامناسب ظاهری در مونتاژ چوبی، در محیط‌های مرطوب دچار زنگ‌زدگی و درنهایت موجب سستی و تضعیف اتصالات در مونتاژ می‌شوند.

جوشکاری چوب به‌عنوان یک تکنولوژی جدید در عرصه صنعت چوب، به دلیل حذف هر نوع اتصال‌دهنده از قبیل چسب، پیچ، میخ، بست و غیره، شرایط تولید محصولات چوبی را بهبود بخشیده است. همچنین این تکنولوژی جدید، محصولاتی بی‌خطر برای انسان و محیط‌زیست ارائه می‌دهد. زیرا این روش جدید اتصال، تنها با به‌کارگیری یک پروسه اصطکاک بین دو قطعه چوبی امکان‌پذیر می‌باشد. جوشکاری اصطکاکی چوب فرایندی است که باعث واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی می‌شود. حرارت که نتیجه اصطکاک است، ساختار چوب را نرم و ذوب می‌کند. منظور از ساختار چوب، مواد تشکیل‌دهنده دیواره‌های الیاف چوبی، عمدتاً لیگنین و البته مقداری همی‌سلولز می‌باشد. ذوب این پلیمرهای آمورف، سبب جریان یافتن آنها در سطح جوشکاری شده که پس از خنک شدن، این مواد به یک ترکیب بسیار سخت تبدیل می‌شوند. تغییرات شیمیایی با جوشکاری شروع می‌شود و بعد از اتمام فرایند ادامه می‌یابد (درحین اینکه مواد مذاب جامد می‌شوند). ساختار چوب سرد و یک ترکیب سخت تشکیل می‌شود (Župčić*et al*, 2014). بنابراین می‌توان ادعا کرد که تکنولوژی جوشکاری چوب، معرفی‌کننده بالاترین کیفیت زیست‌محیطی است. جوشکاری قطعات چوبی با یکدیگر، اولین‌بار توسط Suthoff و Kutzer (۱۹۹۷) بررسی، ثبت اختراع و ارائه شد. اولین تحقیقات علمی جامع بر روی جوشکاری چرخشی چوب، بدون استفاده از چسب، توسط Pizzi و همکاران (۲۰۰۴) مطرح گردید.

به دنبال آن، Kanazawa و همکاران (۲۰۰۵)، تأثیر پارامترهای مختلف در جوشکاری چرخشی چوب را مورد بررسی قرار دادند. Omrani و همکاران (۲۰۰۷) با ارائه یک مدل اتصال زیگزاگ با هدف اتصال لب به لب دو تخته چوبی به روش جوشکاری، نشان دادند که اتصالات پس از ۲ ساعت جوشیدن در آب، دارای مقاومت مکانیکی قابل توجهی هستند.

به دنبال این نتایج، در تحقیقی دیگر، Omrani و همکاران (۲۰۰۸a) نشان دادند که این اتصالات جوشکاری شده، پس از قرارگرفتن در شرایط جوی غیرسرپوشیده به مدت یکسال، در مقابل نیروی اعمال شده توسط دستگاه اینسترون از خود مقاومت مناسبی نشان می‌دهند.

Leban و همکاران (۲۰۰۸) وابستگی جوشکاری دوبل به فرکانس چرخش و عمق جوشکاری را بررسی کردند. نتایج نشان داد اگر اندازه عمق جوشکاری دوبل به اندازه کافی باشد، مقاومت کششی اتصال در سطح جوشکاری شده بیشتر از مقاومت کششی خود دوبل‌هاست. در شرایطی که عمق جوشکاری کم باشد، مقاومت کششی دوبل‌ها بیشتر از مقاومت کششی اتصال در سطح جوشکاری است.

در ابتدای تحقیقات جوشکاری چوب، یکی از مهمترین سئوالات در مورد این تکنولوژی جدید، دود حاصل از فرایند جوشکاری بود. بنابراین Omrani و همکاران (۲۰۰۸b) نشان دادند که پروسه جوشکاری چوب، فرایندی سالم و بی‌خطر است.

O'Loinsigh و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقات خود نشان دادند که تیرهای چوبی لایه‌ای با دوبل‌های چوبی جوشکاری شده، می‌تواند جایگزین جالبی برای سیستم‌های مرسوم دوبل‌های چسب شده با پلی‌وینیل استات (PVAc) و میخ‌کاری باشد.

مواد و روش‌ها

مواد

برای ساخت اتصالات، دوبل‌های چوبی از گونه ممرز (*Carpinus betulus*) با قطرهای ۱۰ و ۱۲ میلی‌متر، با دو سطح صاف و شیاردار تهیه گردید (شکل ۱). اعضای اتصال

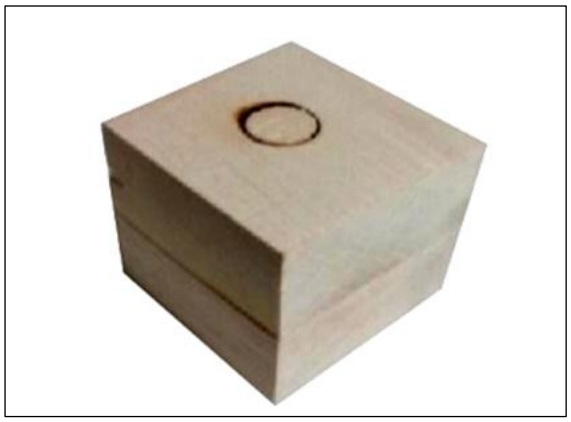
(چوب‌های مورد نظر برای اتصال به یکدیگر) به‌منظور ساخت مونتاژ، از گونه نراد (*Abies alba*) می‌باشد که به‌مدت ۳ ماه در هوای آزاد خشک و بعد به ابعاد مورد نظر برش داده شدند. وزن مخصوص نمونه‌های چوب نراد ۰/۴ گرم بر سانتی‌مترمکعب و دوبل‌های چوبی ممرز ۰/۷۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب بود.

در نمونه‌های اتصال با چسب، از چسب چوب پلی‌وینیل استات (PVA) استفاده گردید که از کارخانه چسب‌سازی پارس تهیه شد. مشخصات این چسب عبارت‌اند از: رنگ سفید، دانسیته ۱/۰۸ گرم بر سانتی‌مترمکعب، درصد مواد جامد در چسب حدود ۶۵-۶۰، pH برابر ۵ و زمان ژله‌ای شدن در ۲۰ درجه سانتی‌گراد حدود ۳۰-۲۰ دقیقه.

شکل ۱- نمونه‌ای از دوبل چوبی با سطح صاف و شیاردار

روش‌ها

برای تهیه نمونه‌های آزمون کششی، در هر دو نوع اتصال جوشکاری و اتصال با چسب، چوب‌ها مطابق با استاندارد EN326-1 به ابعاد ۲/۵×۵×۵ سانتی‌متر برش داده شدند. برای تهیه مونتاژهای آزمون مقاومت کششی، دو قطعه چوب روی هم قرار گرفت که توسط یک دوبل چوبی به یکدیگر متصل شدند (شکل ۲). ساخت نمونه‌های آزمونی به روش جوشکاری، توسط دریل با دور موتور ۳۰۰۰ دور بر دقیقه (RPM) انجام شد؛ و برای ساخت نمونه‌های متصل شده با چسب نیز، دو قطعه چوب سوراخ‌کاری شده روی هم قرار گرفته و دوبل چوبی پس از آغشته شدن به چسب PVA با مقدار ثابت، درون سوراخ از پیش تعبیه شده، درج گردید. زمان لازم به‌منظور خشک شدن کامل چسب در مونتاژهای حاصل، ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد.



شکل ۲- نمونه آزمونی مقاومت کششی (اتصال جوشکاری شده)

با توجه به عوامل متغیر و سطوح مورد بررسی یعنی نوع اتصال در دو سطح (اتصال جوشکاری شده و اتصال با چسب)، قطر دوبل چوبی در دو سطح (۱۰ و ۱۲ میلی‌متر) و سطح دوبل چوبی در دو سطح (صاف و شیاردار) و ترکیب آنها، نمونه‌های آزمونی تهیه شدند.

نمونه‌های آزمونی پس از ساخت به مدت ۱۵ روز در محیط آزمایشگاهی با شرایط رطوبت نسبی ۵ ± ۶۵ درصد و دمای ۲ ± ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شده و بعد آزمون مقاومت کششی مطابق استاندارد EN 319 با دستگاه Tensile Tester مدل STT-5T ساخت شرکت Sanaf ایران و سرعت بارگذاری ۵ میلی‌متر در دقیقه انجام شد. حداکثر نیروی وارده برحسب نیوتن ثبت گردید.

مقاومت کششی طبق رابطه (۱) محاسبه شد:

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

رابطه (۱) محاسبه مقاومت کششی

که P مقاومت در برابر کشش برحسب (N/mm^2)، F_{max} نیروی حداکثر برحسب (N) و A سطح مقطع نمونه برحسب (mm^2) می‌باشد.

برای مشاهده ساختار الیافی که در معرض جوشکاری قرار گرفته بودند از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)[1] مدلVEGA TS 5136MM ساخت شرکت TESCAN کشور چک، استفاده شد.

داده‌های حاصل از آزمون مقاومت کششی، با نرم‌افزار SAS، طبق آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها بر اساس روش دانکن و در سطح معناداری ۵ درصد انجام شد.

نتایج

جدول ۱، تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر بر مقاومت کششی اتصالات ساخته شده را نشان می‌دهد.

با توجه به جدول ۱ به‌جز اثر متقابل قطر و سطح و اثر متقابل نوع اتصال، قطر و سطح بر هم که در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست، اثر مستقل و متقابل دیگر عوامل متغیر بر مقاومت کششی معنی‌دار است.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر عوامل متغیر بر مقاومت کششی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات	F	sig
نوع اتصال	۱	۱/۸۸۶۳۲۹۳۹	۴۴۶/۱۴	۰/۰۰۰۱*
قطر	۱	۰/۱۴۵۹۰۸۰۲	۳۴/۵۱	۰/۰۰۰۱*
سطح	۱	۰/۰۷۸۵۴۰۰۶	۱۸/۵۸	۰/۰۰۰۱*
نوع اتصال×قطر	۱	۰/۰۵۲۸۱۲۵۰	۱۲/۴۹	۰/۰۰۰۱*
نوع اتصال×سطح	۱	۰/۰۱۸۰۳۷۳۴	۴/۲۷	۰/۰۴۳۵*
قطر×سطح	۱	۰/۰۰۰۷۷۰۹۴	۰/۱۸	۰/۶۷۱۰n.s
نوع اتصال×قطر×سطح	۱	۰/۰۰۹۵۸۶۵۱	۲/۲۷	۰/۱۳۷۷n.s

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

جدول ۲- اثر مستقل عوامل متغیر مورد بررسی بر مقاومت کششی

عوامل متغیر	سطوح متغیر	میانگین مقاومت خمشی (MPa)	انحراف معیار
نوع اتصال	اتصال با چسب	۰/۲۲۷	۰/۱۲۷
	اتصال جوشکاری	۰/۵۵۱**	۰/۰۳۵
قطر دوبل	۱۰ میلی‌متر	۰/۳۴۴	۰/۱۴۸
	۱۲ میلی‌متر	۰/۴۴۳**	۰/۲۱۲
سطح دوبل	صاف	۰/۳۵۶	۰/۱۶۹
	شیاردار	۰/۴۲۲**	۰/۲

**: نشان‌دهنده بیشترین مقدار مقاومت کششی در هر متغیر

1- Scanning Electron Microscopy (SEM)

جدول ۲، میانگین مقادیر اثر مستقل عوامل متغیر مورد بررسی بر مقاومت کششی اتصالات ساخته شده را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۲، بیشترین مقاومت کششی مربوط به اتصالات ساخته شده توسط فرایند جوشکاری نسبت به اتصال با چسب است. در مورد قطرهای دوبل استفاده شده در اتصالات، دوبل با قطر ۱۲ میلی‌متر دارای بیشترین مقدار مقاومت کششی است. همچنین سطح دوبل شیاردار مقاومت کششی بیشتری را نسبت به دوبل یا سطح صاف نشان می‌دهد.

جدول ۳- اثر متقابل عوامل متغیر مورد بررسی بر مقاومت کششی

اثر متقابل عوامل متغیر	سطوح متغیر		میانگین مقاومت خمشی (MPa)	انحراف معیار
نوع اتصال×قطر	اتصال با چسب	۱۰ میلی‌متر	۰/۲۰۹	۰/۰۳۸
		۱۲ میلی‌متر	۰/۲۴۵	۰/۰۱۹
	اتصال جوشکاری	۱۰ میلی‌متر	۰/۴۷۸	۰/۰۷۳
		۱۲ میلی‌متر	۰/۶۲۳**	۰/۱۲۳
نوع اتصال×سطح	اتصال با چسب	صاف	۰/۲۱	۰/۰۳۹
		شیاردار	۰/۲۴۴	۰/۰۱۸
	اتصال جوشکاری	صاف	۰/۵۰۲	۰/۱۱۲
		شیاردار	۰/۵۹۹**	۰/۱۲۵
قطر×سطح	۱۰ میلی‌متر	صاف	۰/۳۱۴	۰/۱۴۷
		شیاردار	۰/۳۷۳	۰/۱۴۸
	۱۲ میلی‌متر	صاف	۰/۳۹۷	۰/۱۸۴
		شیاردار	۰/۴۷**	۰/۲۳۶

**: نشان‌دهنده بیشترین مقدار مقاومت کششی در هر اثر متقابل عوامل متغیر

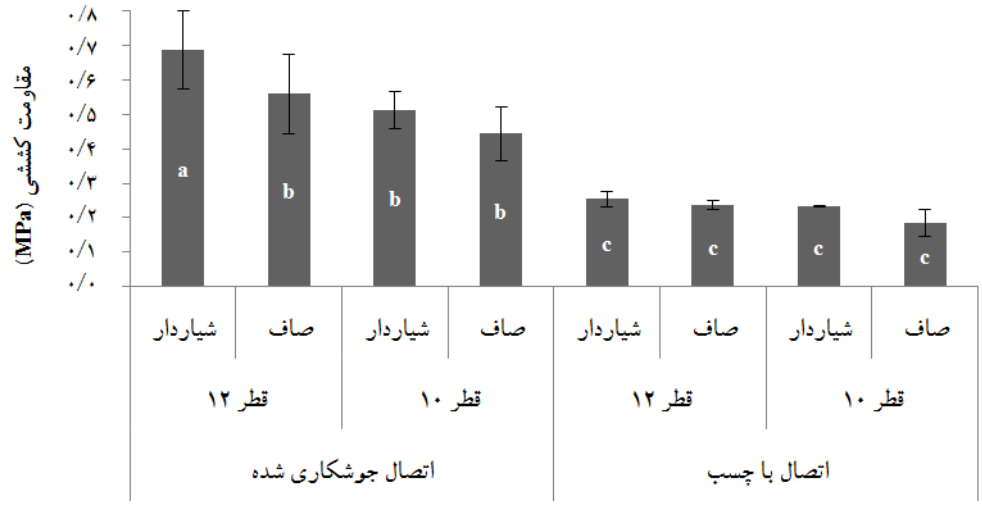
جدول ۳، میانگین مقادیر اثر متقابل عوامل متغیر مورد بررسی بر مقاومت کششی مونتاژهای ساخته شده را نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۱، اثر متقابل نوع اتصال و قطر و نیز اثر متقابل نوع اتصال و سطح بر مقاومت کششی در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. همان‌طور که جدول ۳ نشان می‌دهد، در اثر متقابل نوع اتصال و قطر، بیشترین مقاومت کششی مربوط به اتصالات ساخته شده توسط جوشکاری دوبل با قطر ۱۲ میلی‌متر می‌باشد. در اثر متقابل نوع اتصال و سطح نیز بیشترین مقاومت کششی مربوط به اتصالات ساخته شده توسط دوبل با سطح شیاردار، به روش جوشکاری می‌باشد.

با توجه به جدول ۱، اثر متقابل قطر و سطح بر مقاومت کششی در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست، اما همان‌طور که جدول ۲ نشان می‌دهد، بیشترین مقاومت کششی در آن مربوط به اتصالات ساخته شده با دوبل شیاردار ۱۲ میلی‌متری است.

همچنین مقایسه میانگین‌ها و گروه‌بندی آن به روش دانکن (حروف انگلیسی روی نمودار) انجام شد که نتایج آن در نمودار ۱ نشان داده شده است. مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که نمونه‌های جوشکاری شده دارای مقاومت کششی

بیشتری نسبت به نمونه‌های اتصال با چسب می‌باشند، به‌طوری‌که مقاومت کششی نمونه‌های جوشکاری شده شامل اتصالات با دوبل ۱۰ صاف، ۱۰ شیاردار، ۱۲ صاف و ۱۲ شیاردار به‌ترتیب ۲/۴۳، ۲/۱۹، ۲/۳۷ و ۲/۷ برابر بیشتر نسبت به نمونه‌های اتصال با چسب (اتصال با کمک چسب PVA) خودشان بودند. همچنین نتایج نشان داد با افزایش قطر دوبل از ۱۰ mm به ۱۲ mm مقاومت کششی افزایش می‌یابد، به‌طوری‌که در نمونه‌های جوشکاری شده با افزایش قطر دوبل دارای سطح صاف، مقاومت کششی از حدود ۰/۴۴۴ به ۰/۵۵۹ مگاپاسکال (MPa) می‌رسد و در حالت دوبل با سطح شیاردار نیز مقاومت کششی از حدود ۰/۵۱۳ به ۰/۶۸۶ مگاپاسکال (MPa) افزایش می‌یابد. دیگر نتیجه به‌دست آمده در این مطالعه، نشان‌دهنده مقاومت کششی بیشتر اتصالات دوبل با سطح شیاردار، نسبت به دوبل با سطح صاف است که این اختلاف مقاومت، علاوه بر نمونه‌های جوشکاری شده در بین نمونه‌های اتصال با چسب نیز قابل مشاهده است.

نمودار ۱ نشان می‌دهد که بیشترین مقاومت کششی مربوط به اتصالات ساخته شده توسط دوبل با سطح شیاردار و قطر ۱۲ mm، به روش جوشکاری می‌باشد و کمترین مقاومت کششی نیز مربوط به نمونه‌هایی است که اتصال دوبل با سطح صاف و قطر ۱۰ mm، توسط چسب انجام شده است.



نمودار ۱- تأثیر متقابل نوع اتصال، قطر و سطح دوبل بر مقاومت کششی

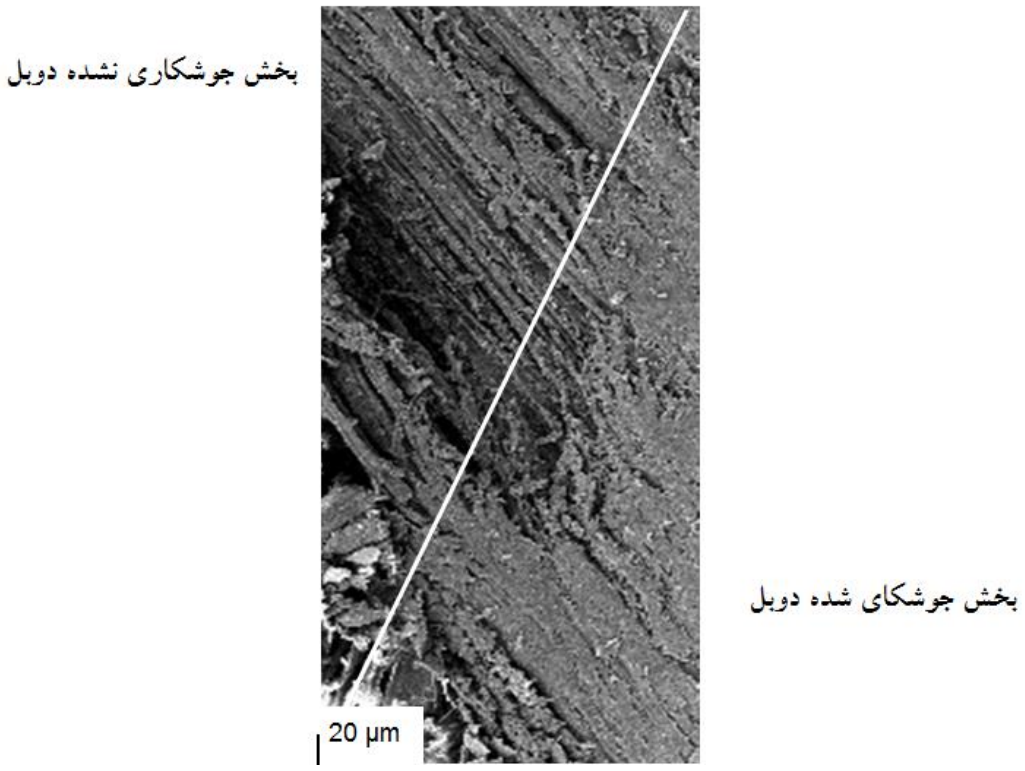
بحث

شکل ۳، برش طولی از یک مونتاژ چوبی جوشکاری شده را نشان می‌دهد. ناحیه تیره‌تر که مرز بین دوبل و اعضای اتصال است، در واقع همان سطح جوشکاری است که در برش طولی به شکل خط جوش نمایان است. در این ناحیه پیوندهای جدید بین الیاف دو بخش دوبل و اعضای اتصال انجام شده است، به‌طوری‌که ناحیه جوشکاری شده دارای دانسیته‌ای بالاتر از دو بخش تشکیل‌دهنده اتصال می‌باشد (Omrani, 2006).

شکل ۳- برش طولی از یک اتصال جوشکاری شده

دمای حاصل از جوشکاری، منجر به ذوب مواد در دو بخش دوبل و اعضای اتصال می‌شود. ذوب مواد در سطح مشترک این دو بخش، باعث افزایش حجم ماده چوبی در خط جوشکاری و در نتیجه افزایش دانسیته در این محل شده و همین امر سبب می‌شود که اتصالات جوشکاری شده از مقاومت قابل توجهی برخوردار باشند.

همچنین نتایج ارائه شده نشان داده است که استفاده از دوبل‌های با قطر بیشتر، مقاومت بیشتر مونتاژهای چوبی را سبب می‌شوند. Eckelman و Erdil (۲۰۰۲) و Eckelman (۲۰۰۳) نیز بیان کرده‌اند که مقاومت کششی اتصال دوبل چوبی به قطر دوبل بستگی دارد. در واقع با افزایش قطر دوبل چوبی، سطح دوبل افزایش یافته است و با توجه به اینکه در اتصالات چوبی، افزایش سطح چسب، خود موجب افزایش مقاومت‌ها می‌شود، در این تکنولوژی نیز افزایش سطح دوبل باعث افزایش سطح جوشکاری و در نتیجه افزایش مقاومت مکانیکی می‌شود. به‌عبارتی با افزایش سطح جوشکاری، میزان مواد سیمانی و اتصال‌دهنده و همچنین میزان پیوندهای ایجاد شده بیشتر خواهد شد.

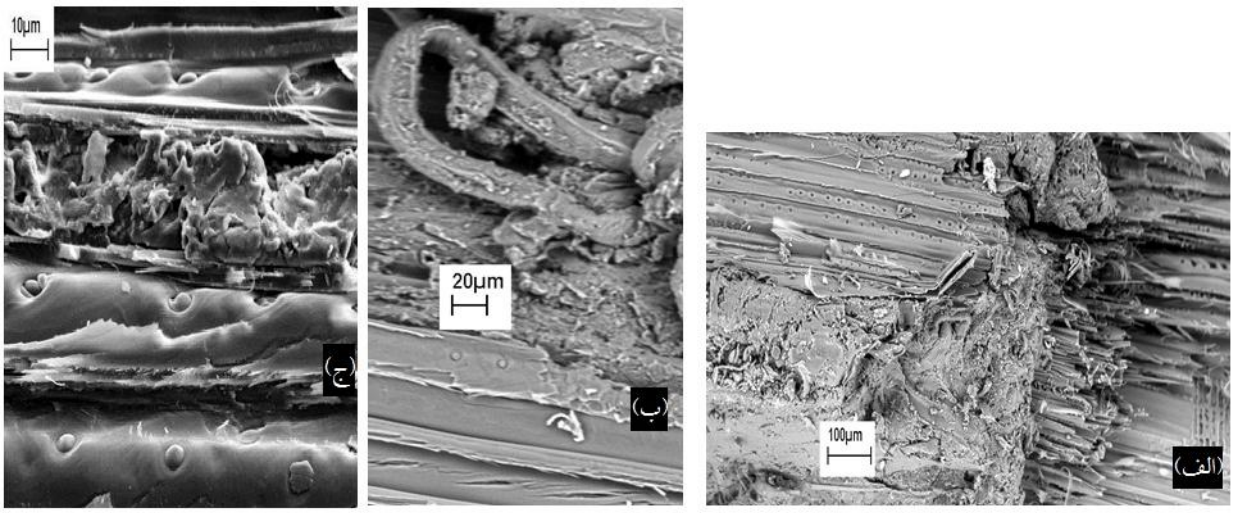


شکل ۴- بخش خارجی (جوشکاری نشده) و بخش داخلی (جوشکاری شده) از یک دوبل چوبی

برای درک بهتر رفتار الیاف چوبی در فرایند جوشکاری، با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی عکس‌هایی از ساختار الیاف در این اتصالات جوشکاری شده تهیه و تحلیل شد.

تصویر تهیه شده از یک دوبل چوبی در اتصالی جوشکاری شده، در شکل ۴ ارائه شده است. این تصویر دارای دو بخش است: بخش جوشکاری شده و بخش جوشکاری نشده دوبل چوبی. قسمتی از دوبل که در فرایند جوشکاری دخیل است و در پایین و سمت راست تصویر مشاهده می‌شود، نمایی صاف را نشان می‌دهد ناشی از ذوب مواد دیواره سلول‌های دوبل چوبی که در اثر گرمای حاصل از اصطکاک در هنگام چرخش ایجاد شده است. این بخش نشان می‌دهد که دمای حاصل از جوشکاری، ویژگی‌های آناتومیکی چوب را تقریباً به‌طور کامل از بین برده است. در مقابل، در بالا و سمت چپ تصویر، ساختار الیاف دست‌نخورده‌ی دوبل چوبی به‌خوبی قابل ملاحظه است.

شکل ۵، تصاویر مربوط به بخشی از یک عضو اتصال در یک مونتاژ جوشکاری شده را نشان می‌دهد. در شکل ۵- **(الف)**، تراکئیدهای دست‌نخورده در سمت چپ تصویر (قسمت بالا) و سمت راست تصویر، قابل مشاهده هستند. همچنین بخش تقریباً همگن با ظاهری خمیری شکل در پایین و چپ تصویر، حکایت از مواد ذوب شده دیواره سلول‌های تشکیل‌دهنده عضو اتصال و دوبل چوبی دارد. در شکل ۵- **(ب)** نیز، فیبر تراکئیدهای دست‌نخورده در پایین تصویر قابل مشاهده هستند. همچنین در بالای تصویر نمای ذوب شده عضو اتصال دیده می‌شود که در آن یک فیبر تراکئید در سطح مواد ذوب شده در عضو اتصال، به‌شدت خمیده و درگیر شده است. به‌عبارتی‌دیگر، این تصویر نشان می‌دهد که الیاف ذوب شده عضو اتصال و دوبل چوبی در هنگام جوشکاری، از یک طرف با یکدیگر و از طرف دیگر هریک با مواد مذاب بخش خود درگیر شده و پیوند می‌یابند. شکل ۵- (ج)، نیز جزئیاتی از تراکئیدهای دست‌نخورده (سالم) عضو اتصال را نشان می‌دهد که این تراکئیدها دربرگیرنده تراکئیدی هستند که دیواره آن ذوب شده است. این تصویر به‌وضوح نشان‌دهنده ویژگی بسیار موضعی و منطقه‌ای ذوب در چوب می‌باشد.



شکل ۵- بخشی از یک عضو اتصال در یک مونتاژ جوشکاری شده، (الف): تراکئیدهای دست‌نخورده در بالا و چپ، مواد ذوب شده در پایین و چپ؛ (ب): فیبر تراکئیدهای دست‌نخورده در پایین تصویر و یک فیبر تراکئید به‌شدت خمیده شده در بالای تصویر؛ (ج): تراکئیدهای دست‌نخورده (سالم) دربرگیرنده یک تراکئید ذوب شده

همچنین نتایج نشان داد که اتصالات با دوبل‌های چوبی شیاردار، اتصالات مقاوم‌تری هستند؛ Said و همکارانشان (۱۹۹۳) نیز بیشترین مقاومت کششی اتصال دوبل با چسب را در مورد استفاده از دوبل با شیارهای مارپیچی گزارش کرده‌اند. در جوشکاری چوب، افزایش مقاومت در هنگام استفاده از دوبل چوبی شیاردار به سه علت اتفاق می‌افتد: ۱- شیار موجود در سطح دوبل، باعث افزایش سطح جوشکاری و در نتیجه باعث افزایش مقاومت‌های مکانیکی می‌شود. ۲- همچنین وجود شیار بر روی سطح دوبل چوبی باعث می‌شود که خروج بخار آب حاصل از فرایند جوشکاری، بهتر، سریع‌تر و بیشتر نسبت به یک دوبل با سطح صاف انجام شود. در تحقیقات پیشین Omrani و همکاران (۲۰۰۸b) نشان دادند که دود حاصل از جوشکاری دارای مقدار زیادی بخار آب می‌باشد. 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 محبوس شدن آن در محل جوشکاری در زمان فرایند جوشکاری می‌تواند در ادامه روند جوشکاری تأثیر منفی ایجاد کند. ۳- سطح شیاردار دوبل چوبی به لحاظ مارپیچی قرار گرفتن الیاف سطحی، در نتیجه چرخش دوبل در زمان فرایند جوشکاری، به صورت رشته‌رشته درآمده که این رشته‌ها باعث درگیری بیشتر و آسان‌تر بین الیاف سطح دوبل چوبی با الیاف سطح اعضای اتصال می‌شوند. در واقع به‌دلیل شیاردار بودن سطح دوبل در ابتدای فرایند جوشکاری، درگیری فیزیکی بین الیاف چوبی در هر دو بخش اتصال بیشتر، در نتیجه مقاومت‌های مکانیکی اتصال جوشکاری شده نیز بیشتر می‌شود.

منابع مورد استفاده

-Eckelman, A. 2003. Textbook of product Engineering and strength Design of Furniture, purdue university. West Lafayette, Indiana.
-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.
-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 rsults.
-Kanazawa, F., Pizzi, A., Properzi, M., Delmotte, L. and Pichelin, F., 2005. Influence parameters in wood dowels welding by high speed rotation. Journal of Adhesion Science and Technology, 19: 1025–1038.
-Leban, J.M., Mansouri, H.R., Omrani, P. and Pizzi, A., 2008. Dependence of dowel welding on rotation rate. Holz Roh Werkstoff, (66): 241–242.
-Omrani,P., 2006. Soudage du bois.
-Omrani, P., Bocquet, J., pizzi, A., Leban, J.M. 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., 2008a. Weather exposure durability of welded dowel joints. Holz Roh Werkstoff, 66: 161-162.
-Omrani, P., Masson, E., pizzi, A. and Mansouri, H.R., 2008b. Emissionof gases and degradation volatiles from polymeric wood constituents in friction welding of wood dowels. Polymer Degradation and Stability, 93: 794-799.
-O'Loinsigh, C., Oudjene, M., Shotton, E., Pizzi, A. and Fanning, P., 2011. Mechanical behavior and 3D stress analysis of multi-layered wooden beams made with welded-through wood dowels. Composite Structures, 94 (2): 313-321.
-Pizzi, A., Leban, J.M., 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.Off enlegungsschrift DE 197 46 782 A 1.Deutsches Patent und Markenamt.
-Župčić, I., Vlaović, Z., Domljan, D. and Grbac, I., 2014. Influence of Various Wood Species and Cross-Sectionson Strength of a Dowel Welding Joint, Drvna Industrija, 65 (2): 121-127.

Investigating the effect of dowel diameter and surface in softwood joints, made by welding and glue

P. Omrani[1*], H. Maryami[2] and R. Eisapour[2]

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

Received: Aug., 2017 Accepted: Jan., 2018

Abstract

Today, due to the highly sensitive bearing load, joints in furniture and wooden structures are one of the most important scientific topics for research. The most recent method proposed to build wooden joints in Europe and the United States is a eco-friendly method, without using any type of adhesive , called "wood welding". In the present study, the effect of dowel diameter and surface on the tensile strength of softwood joints was investigated using two methods: wood welding and glue bonding. Fir (Abies alba) wood and polyvinyl acetate glue (PVA) was used for adhesive bonding, and Hornbeam (*Carpinus betulus*) wood was used for connector dowels and other parameters were kept constant. The structure of the welded surfaces was analyzed using scanning electron microscopy (SEM). The results of the tensile strength test showed that dowel diameter and surface texture have a significant effect on the tensile strength of joints in both joint methods.

Keywords: wood welding, *Abies alba*, polyvinyl acetate, dowel joint, the tensile strength of the joint.