Archive of SID

بهبود عملکرد چسب پلی وینیل استات در اتصالات انگشتی چوب با استفاده از هاردنر ایزوسیانات

حمیدرضا عدالت[۱*]
مرضیه رئیسی[۲]

[۱] استادیار گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

[۲] دانش آموخته دکتری فرآورده¬های چندسازه چوب، گروه تکنولوژی و مهندسی چوب، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

مسئول مکاتبات:
edalat.hr@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۲۵

چکیده

هدف از انجام این تحقیق دسترسی به ترکیبی از چسب چوب با مقاومت مکانیکی بالاتر و در عین حال هزینه مناسب برای استفاده در اتصالات انگشتی چوب است. در این مطالعه اثر زمان مونتاژ و مقدار هاردنر ایزوسیانات در ترکیب با چسب چوب بر مقاومت خمشی اتصالات انگشتی ساخته شده از سه گونه چوبی راش، صنوبر و نراد مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور نمونه‌های چوبی با عرض ۲۵، ضخامت ۳۵ و طول ۳۵۰ میلی‌متر از هر سه گونه آماده شدند. نمونه‌ها برای ایجاد الگوی اتصال انگشتی از طول به دو نیم برش داده شدند و اتصال انگشتی توسط ابزار مخصوص بر روی دو مقطع عرضی جدید ایجاد گردید. سپس اتصالات با استفاده از سه نوع چسب چوب خالص، حاوی ۱۰ درصد هاردنر و ۲۰ درصد هاردنر چسبانده شدند. زمان مونتاژ بعنوان متغیر دوم آزمایش در دو سطح ۲ و ۴ دقیقه انتخاب گردید. زمان مونتاژ بسته و زمان پرس از عوامل ثابت بودند که به ترتیب ۲ دقیقه و ۳۰ دقیقه تنظیم گردید. اتصالات در یک قالب چوبی مخصوص و با استفاده از پیچ دستی تحت فشار قرار گرفتند. پس از متعادل‌سازی رطوبت، آزمون خمش سه نقطه ای طبق استاندارد ISO 10983 بر روی آنها انجام گردید. نتایج نشان داد که استفاده از هاردنر تا سطح ۲۰ درصد، مقاومت خمشی اتصال را به‌طور معنی‌دار افزایش می‌دهد. افزایش زمان مونتاژ نتوانست موجب بهبود مقاومت اتصال شود و در مواردی باعث افت مقاومت نیز شد. اتصالات ساخته شده با گونه صنوبر نسبت به دو گونه راش و نراد از مقاومت کمتری برخوردار بود هرچند این اختلاف از لحاظ آماری معنی دار نبود. در نهایت بهترین شرایط برای ساخت این اتصال، بکارگیری ۲ دقیقه زمان مونتاژ باز و استفاده از ۱۰ درصد هاردنر ایزوسیانات تعیین گردید.

واژگان کلیدی: اتصال انگشتی، زمان مونتاژ، هاردنر ایزوسیانات، مقاومت خمشی اتصال، چسب PVAc، پلی اورتان تک جزئی.

مقدمه

امروزه شاهد مصرف روز افزون انواع مبلمان در محیط های خانگی و اداری هستیم. در مقایسه با گذشته که مبلمان کالایی لوکس بشمار می‌آمد، در حال حاضر بخصوص در دهک های بالای جامعه، به کالایی اساسی تبدیل شده و همین عامل موجب مصرف گسترده و متنوع آن شده است. بعد از دهه ۷۰، همگام با تغییر سبک زندگی مردم در کشور و نیاز به فرآورده های مبلمان، شرایط جدیدی برای کسب و کار و سرمایه گذاری در این صنعت فراهم آمد به طوری که این صنعت حدود ۱۰ درصد از اشتغال کشور را به خود اختصاص داده است.

www.SID.ir

Archive of SID

بنابر محدودیت هایی که در ابعاد ماده اولیه چوبی و نیز در طراحی مهندسی وجود دارد، استفاده از اتصالات در این صنعت امری اجتناب ناپذیر و ضروری است. به عبارت دیگر استفاده ار اتصالات، کاربرد چوب در قطعات کوچک-تر را ممکن می سازد که با حذف ماشین کاری های دشوار به کاهش ضایعات و نیز افزایش سرعت تولید می انجامد. از طرف دیگر بدلیل تفاوت های اساسی در مقاومت های چوب در راستای الیاف و عمود بر آن، کاربرد قطعات زاویه دار بطور یکپارچه موجب افت چشمگیر مقاومت های مکانیکی و دوام محصول می‌گردد.

تعداد مصنوعات چوبی که تنها از یک قطعه یکپارچه چوب ساخته می‌شوند بسیار اندک است. مصنوعات چند جزئی چوبی تابع قوانین کلی سازه‌ای هستند که می‌توان آنرا در یک جمله خلاصه کرد؛ هر سازه‌ای از نقاط ضعیف خود می‌شکند. این نقاط در مصنوعات چوبی اتصالات هستند و اتفاق شکست در اجزای سازه فراوانی کمتری دارد. بنابراین در ساخت مبلمان علاوه بر دقت در بکارگیری مصالح باکیفیت، باید شکل هندسی اعضای اتصال و روند ساخت اتصالات مورد توجه واقع شود [۱].

اتصالات انگشتی[1] یا اصطلاحاً اتصال شانه ای از اتصالات مهم مصنوعات چوبی محسوب می شوند که به شکل گسترده و با تجهیزات مدرن مورد استفاده قرار می گیرد. با استفاده از این اتصال، امکان تولید قطعات چوبی با طول بلندتر و در مواردی صفحات با پهنای بیشتر فراهم می‌گردد [۲]. این اتصالات در واقع همان اتصال کام و زبانه چند چشمه ایست که در آن کام و زبانه باریک شونده ساخته می‌شوند. در این نوع اتصالات زبانه ها می‌توانند فرمی نوک تیز داشته باشند [۱]. با استفاده از این روش اتصال امکان بازیابی قطعات کوتاه و کوچک چوب که به نحوی ضایعات محسوب می شوند وجود داشته و محصولی با ارزش بالاتر تولید می شود. علاوه بر موارد ذکر شده، از این اتصال برای وصل نمودن قطعات چوب در بخش‌هایی از مبلمان نیز استفاده می شود که هدف از آن دسترسی به مقاومت بالاتر و در عین حال ایجاد ظاهری زیباتر برای محصول است. این اتصال انواع مختلفی دارد و اجزای آن می‌توانند به شکل مقاطع مربعی، نیم دایره‌ای و مثلثی باشند. در این اتصال دو قطعه چوب با الگوهای مکمل ماشین کاری شده و با استفاده از چسب به یکدیگر متصل می گردند. عمده چسب مورد استفاده برای تولید این اتصال، چسب پلی ونیل استات[2] است که به چسب چوب یا همان چسب نجاری نیز معروف است. ابعاد هندسی این اتصال اهمیت زیادی در مقاومت آن داشته و لازم است با دقت و بدون درز ایجاد شوند. از این رو معمولا از ابزارهای ماشین‌کاری مخصوص برای ایجاد آن استفاده می کنند که غالبا بر روی دستگاه های فرز و CNC بسته می شوند.

همانطور که گفته شد عمده چسب مورد استفاده برای ایجاد این اتصالات PVAc است. معمولا مقدار مورد نیاز چسب بر روی هر دو قطعه اعمال شده و پس از طی زمان مونتاژ قطعات تحت فشار قرار گرفته تا اتصال تحکیم گردد. از آنجایی‌که مکانیسم اتصال در چسب PVAc از نوع از دست دادن حلال است [۳]، لذا رطوبت چوب، نوع گونه و ساختار آن تاثیر قابل توجهی بر زمان مونتاژ دارد. به‌عنوان مثال برای اتصال چوب صنوبر با رطوبت کم در مقایسه با چوب راش با رطوبت بیشتر، به زمان مونتاژ کوتاهتری نیاز است. اعمال گرما معمولا برای این چسب توصیه نمی شود چرا که در کنار ویژگی امولسیونی خود، ماهیت گرما نرم داشته و گرم نمودن آن موجب تضعیف اتصال و بازی قطعات می شود.

Aicher و همکاران (۲۰۰۱) با مطالعه بر روی اتصالات انگشتی در چوب راش بیان نمودند که استفاده از اتصال انگشتی برای چوب راش می‌تواند بطور گسترده‌ای در صنعت استفاده گردد ولی لازم است میزان فشار در مقایسه با سوزنی برگان در حد کافی تنظیم گردد [۴]. Barbotis و همکاران (۲۰۱۳) با مطالعه بر روی اتصالات انگشتی چوب راش به این نتیجه رسیدند که چوب راش پتانسیل بسیار خوبی برای ایجاد این اتصال داشته و مقاومت خمشی اتصالات به نوع چسب و طرح انگشت‌ها بستگی دارد. بطور کلی مقاومت خمشی اتصالات با طول انگشت ۹ میلیمتر نسبت به ۴/۵ و ۶/۵ میلیمتر، بیشتر گزارش شد. اتصالات ساخته شده با چسب PVAc نسبت به اتصالات ساخته شده با چسب پلی اورتان [3]مقاومت

[1] Finger Joints

[2]Polyvinyl Acetate (PVAc)
[3] Polyurethane (PU)

www.SID.ir

Archive of SID

خمشی بالاتری نشان دادند[۵]. Vassiliou و همکاران (۲۰۰۷)، با بررسی اتصالات انگشتی ساخته شده از چوب راش تیمار شده با بخار با دو نوع طول انگشت اتصال به این نتیجه رسیدند که با افزایش طول انگشت ها از ۴ به ۱۰ میلیمتر، مقاومت خمشی اتصال افزایش می یابد. همچنین انجام تیمار بخار روی چوب های راش، موجب افزایش ۵ درصدی مقاومت اتصالات انگشتی می شود [۶]. Danawade و همکاران (۲۰۱۴) با مطالعه اتصالات انگشتی چوب تیک دریافتند که استفاده از این اتصالات موجب افزایش راندمان و کاهش ضایعات می شود ولی مقاومت این اتصالات در مقایسه با چوب ماسیو پایین تر است. همچنین با توجه به اهمیت طول و عرض انگشت در مقاومت اتصال، لازم است هندسه اتصال بر اساس مقاومت مورد نیاز در کاربرد نهایی تعیین گردد [۷].

Patil و Hanamapure (۲۰۱۴) با مطالعه اتصالات انگشتی ساخته شده از چوب های آفریقایی و چسب چوب و رزورسینول، مقاومت اتصالات ساخته شده با رزورسینول را بالاتر از چسب چوب بدست آورده و انتخاب چسب را با توجه به نوع گونه امری ضروری و مهم دانستند [۸]. Karastergiou و همکاران (۲۰۰۶) مقاومت اتصالات انگشتی ساخته شده با چسب D_2 را نسبت به چسب D_1 بالاتر گزارش نمودند. همچنین افزایش طول انگشت در اتصال را عاملی برای افزایش مقاومت خمشی آن دانستند [۹].

Shukla و Pascal (۲۰۰۸) با ساخت LVL از سه گونه سبک با استفاده از چسب PVAc حاوی اتصالات عرضی به این نتیجه رسیدند که با استفاده از عامل سخت کننده در ترکیب چسب و دمای پرس ۳۷ درجه سانتیگراد، تنها با ۵ دقیقه زمان پرس به بهترین سطح ویژگی های محصول می توان رسید [۱۰].

با کاهش زمان مونتاژ و زمان پرس می توان زمان تولید قطعات را به حداقل رساند که خود عاملی برای افزایش ظرفیت تولید و کاهش قیمت تمام شده است. یکی از راهکارهای کاهش زمان تولید، پلیمریزاسیون در دمای محیط و طی زمانی کوتاه است. یکی از مواد کارآمدی که برای این منظور استفاده می شود، کاتالیزورهای بر پایه ایزوسیانات هستند که با استفاده از مولکول های آب موجود در ساختار چسب، اتصالات عرضی و پل های اورتانی در چسب را ایجاد می‌کنند. این اتصالات در مدت زمان کوتاه تری تحکیم یافته و از مقاومت مکانیکی بیشتری نیز برخوردار هستند. علاوه بر ایزوسیانات ها، می توان از سایر مونومرهای وینیلی نیز برای ایجاد اتصالات عرضی در PVAc استفاده کرد [۱۱].

هدف از انجام این تحقیق بررسی امکان استفاده از چسب پلی اورتان تک جزئی به عنوان هاردنر برای افزایش مقاومت مکانیکی چسب چوب و تعیین زمان مونتاژ بهینه اتصالات انگشتی چوب می باشد. .

مواد و روش ها

برای انجام این مطالعه از سه گونه چوبی راش، نراد و صنوبر استفاده گردید. تخته های تهیه شده ابتدا به مدت یک ماه در محیط آزمایشگاه نگهداری شدند. پس از کنترل درصد رطوبت، تخته ها بصورت قطعات طولی برش داده شدند و نمونه ها حاصل با استفاده از دستگاه گنده-گیر به عرض ۳۵ و ضخامت ۳۰ میلیمتر تبدیل شد. سپس طول نمونه‌ها با استفاده از دستگاه فارسی بر به اندازه ۳۵۰ میلیمتر برش داده شد. نوع نمونه‌ها با توجه به وضعیت دوایر رویش مورد مطالعه قرار نگرفت و به منظور حذف اثر احتمالی آن، انواع نمونه ها (شعاعی، مماسی و بینابینی) بصورت تصادفی بین تیمارها و تکرارها پخش گردیدند. چسب PVAc ساخت شرکت چسب مشهد در این آزمایش استفاده قرار گرفت. مشخصات فیزیکی این چسب در جدول ۱ آورده شده است. از چسب پلی اورتان تک جزئی نیز بعنوان هاردنر برای ایجاد اتصالات عرضی استفاده شد.

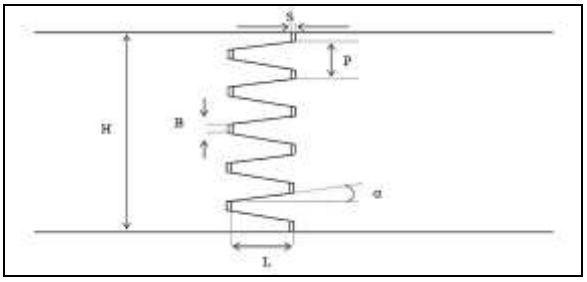
www.SID.ir

Archive of SID

جدول Error! No text of specified style in document.-۱ ویژگی های فیزیکی و شیمیایی چسب PVAc استفاده شده

ویژگی	مقدار		واحد
	PVAc	PU	
دانسیته	۱/۵	۱/۱	gr/cm^3
ویسکوزیته	۱۲۰۰۰	۵۰۰۰-۱۵۰۰۰	cp
درصد موادجامد	۶۰	۱۰۰	٪
pH	۷	-	-

در مرحله بعد لازم بود که نمونه ها در طول به دو بخش مساوی برش خورده و مجدد دو بخش بدست آمده با اتصال انگشتی و چسب به یکدیگر متصل شوند و مقاومت آن مورد ارزیابی قرار گیرد. اتصال انگشتی در مقطع عرضی هر دو بخش نمونه ایجاد گردید (شکل۲). ابزار مورد استفاده برای ایجاد اتصال تیغه اور فرز مخصوص اتصال انگشتی ساخت شرکت Damar با کد J4204 و سرعت برش ۲۲۰۰۰ دور بر دقیقه بود. ژئومتری اتصال در شکل ۱ و مقادیر پارامترها در جدول ۲ قابل مشاهده است. اتصال در جهت پهنای نمونه یعنی در جهت ۳۵ میلیمتری ایجاد گردید. به عبارت دیگر امتداد شیارها در راستای عرض نمونه بود.



شکل ۱-ژئومتری اتصال انگشتی مورد استفاده در تحقیق

جدول ۲-مقدار پارامترهای هندسی اتصال انگشتی

پارامتر هندسی	مقدار(mm,°)
P	۶/۵
S	۰/۵
L	۶
B	۲
H	۳۰
α	۹/۵°

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۲- اتصال انگشتی ایجاد شده بر روی انتهای نمونه ها

مصرف چسب ۲۰۰ گرم بر متر مربع در نظر گرفته شد که پس از اندازه‌گیری مساحت اتصال، مقدار مورد نیاز محاسبه شد. مقدار هاردنر مورد نیاز در سه سطح ۰، ۱۰ و ۲۰ درصد وزن کل چسب توزین شده و به آن اضافه گردید. هر اتصال به مقدار ۱ گرم چسب نیاز داشت که نیمی از آن روی یک بخش اتصال و نیمی دیگر روی بخش دیگر اعمال شد. استفاده از قلم مو بعنوان روش چسب زنی انتخاب شد که پوشش مناسب به همراه دقت کافی را برای هر نمونه فرآهم نمود. زمان مونتاژ باز، یعنی فاصله زمانی بین اعمال چسب روی سطوح چوب تا روی هم گذاری قطعات [۳]، برابر با ۲ و ۴ دقیقه انتخاب شد. پس از اتمام زمان مونتاژ باز، قطعات روی یکدیگر مونتاژ شده و به عبارتی اتصال بدون اعمال فشار کامل گردید که این مرحله بعنوان مونتاژ بسته با زمان ۲ دقیقه برای همه تیمارها در نظر گرفته شد. پس از پایان زمان مونتاژ، نمونه های کامل شده در قالب مخصوص قرار داده شدند و دو انتهای آنها با استفاده از پیچ دستی تحت فشار قرار گرفت. میزان فشار اعمال شده توسط پیچ دستی به گونه ای تنظیم گردید که اتصال کاملا چفت شود. لازم به ذکر است که ابعاد تیغه برش طوری طراحی شده بود که فضایی حدود ۰/۵ میلیمتر برای ضخامت لایه چسب مابین سطوح اتصال خالی فراهم می‌شد. زمان پرس از لحظه بستن پیچ دستی تا زمان باز کردن آن محاسبه گردید که برای همه نمونه ها برابر با ۳۰ دقیقه بود. نمونه ها پس از خارج شدن از گیره، به مدت ۲ هفته تحت شرایط استاندارد (رطوبت نسبی ۶۵٪ و دمای ۲۱ درجه سانتیگراد) نگهداری شدند. سپس مقاومت خمشی نمونه ها با استفاده از آزمون خمش سه نقطه ای طبق استاندارد ISO 10983 اندازه گیری شد [۱۲]. آزمایش در قالب طرح فاکتوریل کاملا تصادفی انجام گردید و با توجه به تعداد متغیرها و سطوح آنها، ۱۸ تیمار تعریف گردید که هر کدام در سه تکرار انجام شد. داده ها با استفاده از نرم افزار Excel سامان‌دهی شده و توسط نرم افزار Design Expert آنالیز شدند.

نتایج و بحث

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می شود تنها اثر مستقل درصد هاردنر ایزوسیانات بر مقاومت خمشی اتصالات انگشتی در سطح ۰/۰۱ معنی دار شده است.

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس داده ها

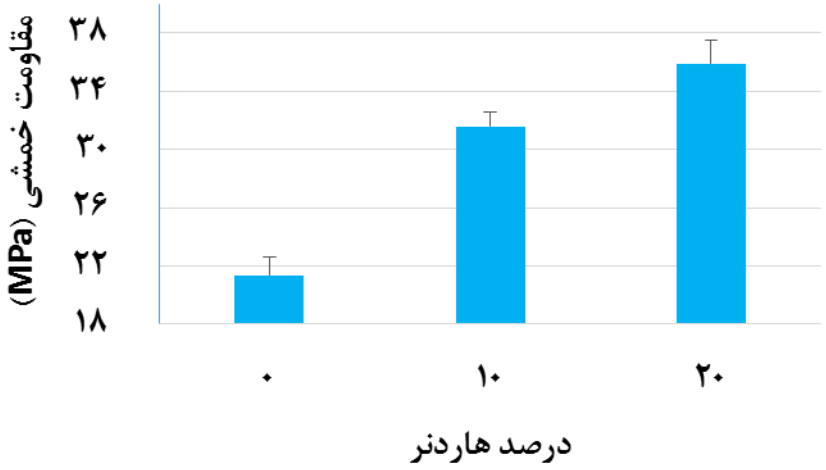
منبع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار شاخص F	مقدار شاخص P
نوع گونه (A)	۲	۴۰/۸۲	۲۰/۴۱	۰/۵۲	۰/۵۹۶۴
زمان مونتاژ باز (B)	۱	۰/۵۶	۰/۵۶	۰/۰۱۴	۰/۹۰۵۵
درصد هاردنر (C)	۲	۲۱۷۷/۰۱	۱۰۸۸/۵۰	۲۷/۹۷	۰/۰۰۰۱
AB	۲	۱۱۲/۰۳	۵۶/۰۱	۱/۴۴	۰/۲۵۰۴
AC	۴	۱۳۹/۷۲	۳۴/۹۳	۰/۹۰	۰/۴۷۵۶
BC	۲	۵۴/۲۹	۲۷/۱۴	۰/۷۰	۰/۵۰۴۵
ABC	۴	۱۹۶/۵۳	۴۹/۱۳	۱/۲۶	۰/۳۰۲۷
خطا	۳۶	۱۴۰۱/۱۷	۳۸/۹۲	-	-
مجموع	۵۳	۴۱۲۲/۱۱	-	-	-

افزایش میزان هاردنر موجب افزایش معنی‌دار مقاومت خمشی شد. مقدار مقاومت خمشی در سطح ۱۰ درصد و ۲۰ درصد هاردنر به ترتیب به میزان ۴۸ و ۹۰ درصد افزایش داشت (شکل ۳). این پدیده بعلت اثر گروه های عاملی ایزوسیانات در ایجاد واکنش شیمیایی و برقراری پیوند کووالانسی مابین پلیمر پلی وینیل استات و سلولز و لیگنین چوب و نیز بطور مستقیم با چوب است. اتصالات ما بین PVAc و چوب از نوع شیمیایی نبوده و اغلب ناشی

www.SID.ir

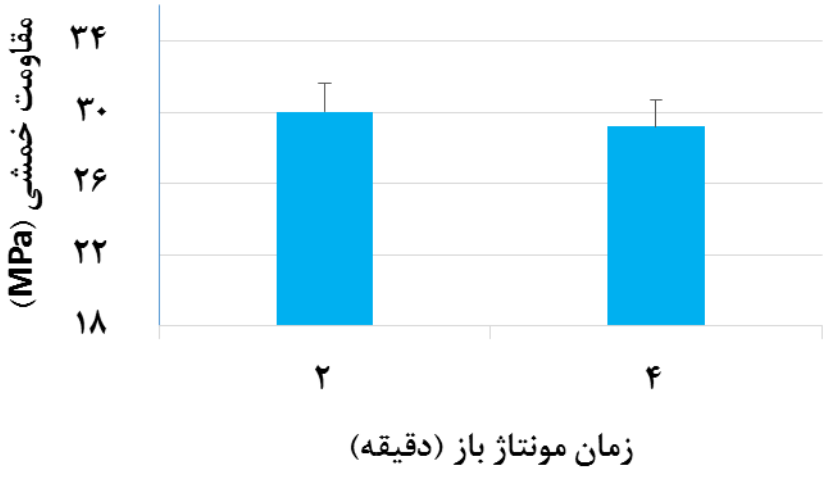
Archive of SID

از نیروهای واندروالسی و پیوندهای هیدروژنی می‌باشد. تشکیل پیوندهای شیمیایی منجر به رشد شبکه اتصالات عرضی شده و مقاومت اتصال را افزایش می‌دهد.



شکل ۳- اثر مستقل درصد هاردنر بر مقاومت خمشی اتصالات انگشتی

شکل ۴ اثر مستقل زمان مونتاژ باز بر مقاومت خمشی اتصالات را نشان می دهد. همان‌طور که مشخص شده است، با افزایش زمان مونتاژ از ۲ به ۴ دقیقه، میانگین مقاومت خمشی ۱۹ درصد کاهش نشان می دهد اگرچه از نظر آماری معنی‌دار نبود. هدف از زمان مونتاژ باز ایجاد فرصت کافی برای نفوذ چسب در بافت بستر می باشد که در نهایت منجر به رشد حجم ناحیه اینترفاز می گردد. علاوه بر آن مونتاژ باز چسب قبل از روی هم گذاری سطوح می تواند باعث جذب حلال از چسب توسط بستر شده و همچنین این زمان فرصت تبخیر آب موجود در چسب را فراهم می‌آورد که این دو عامل به کاهش ویسکوزیته چسب و ممانعت از تراوش آن در هنگام پرس می انجامد [۳].



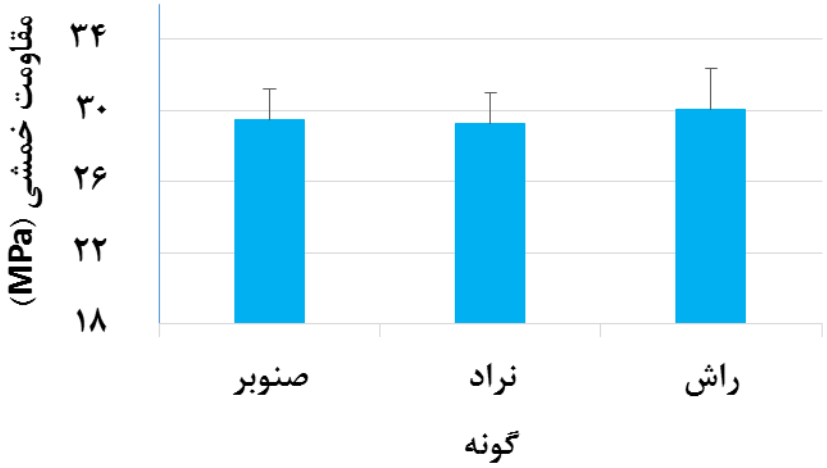
شکل ۴- اثر مستقل زمان مونتاژ باز بر مقاومت خمشی اتصالات انگشتی

اثر گونه چوبی بر مقاومت اتصال انگشتی در شکل ۵ نشان داده شده است. اتصالات ساخته شده از چوب صنوبر نسبت به دو اتصال دیگر مقاومت کمتری داشتند هر چند این اختلاف در بین تیمارها به لحاظ آماری معنی دار نبود.

www.SID.ir

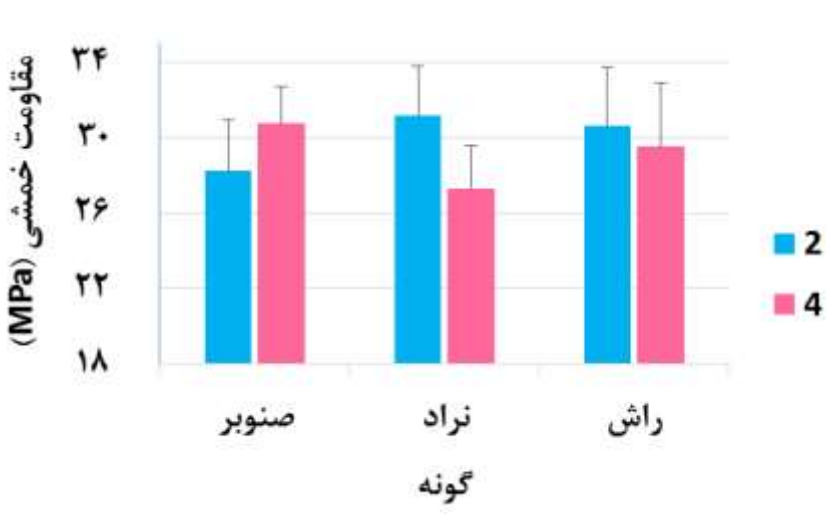
Archive of SID

کمتر بودن مقدار مقاومت خمشی در اتصالات ساخته شده با گونه صنوبر می تواند به دلیل دانسیته کمتر آن و در نتیجه داشتن تخلخل بیشتر باشد که خود عاملی برای نفوذ بیش از حد چسب در بافت چوب محسوب می‌گردد و می‌تواند باعث کاهش ضخامت خط چسب و کاهش خودچسبندگی لایه چسب گردد. دلیل دیگری که می‌توان بیان نمود مقاومت کمتر چوب صنوبر نسبت به دو گونه دیگر است که باعث کاهش خودچسبندگی چوب اطراف ناحیه اینترفاز می‌گردد و هر دو احتمال منجر به کاهش مقاومت اتصال می‌گردند [۳].



شکل ۵- اثر مستقل گونه چوبی بر مقاومت خمشی اتصالات انگشتی

اثر متقابل نوع گونه و زمان مونتاژ بر مقاومت خمشی نشان داد که در گونه صنوبر و نراد دو روند متفاوت در اثر افزایش زمان مونتاژ دیده می‌شود (شکل ۶). اگر چه اختلاف مشاهده شده از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است ولی دلیل این پدیده را می توان به متفاوت بودن ساختار چوب سوزنی برگان با پهن برگان و همچنین تخلخل متفاوت آنها مرتبط دانست. در مورد گونه راش افزایش زمان مونتاژ باز تاثیر قابل توجهی در مقدار مقاومت خمشی اتصالات نداشته است.

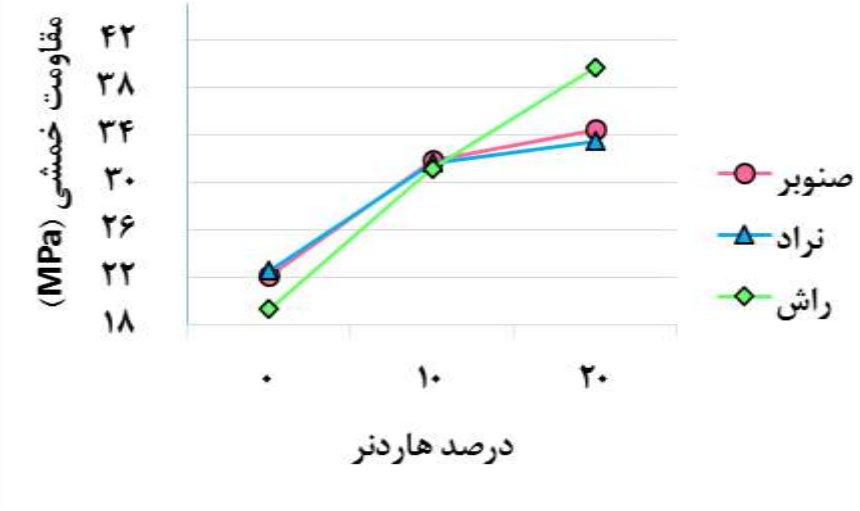


شکل ۶- اثر متقابل نوع گونه و زمان مونتاژ باز بر مقاومت خمشی اتصالات

www.SID.ir

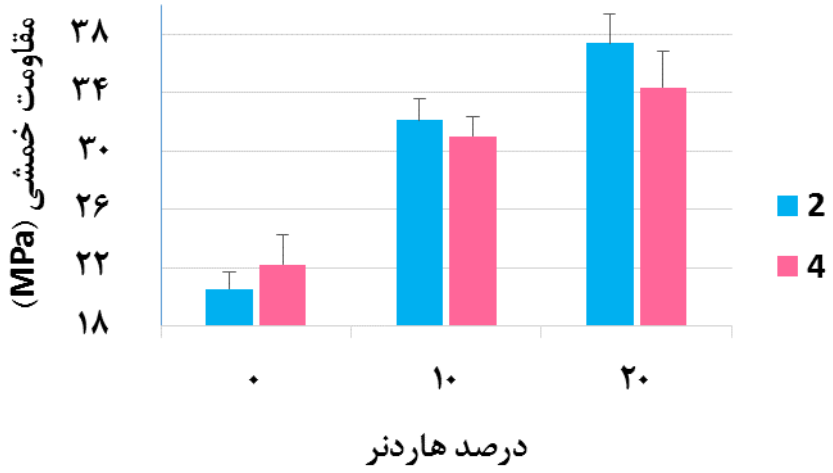
Archive of SID

اثر متقابل درصد هاردنر و نوع گونه بر مقاومت خمشی اتصالات نشان داد که روند افزایشی مقاومت خمشی در اثر افزایش مقدار هاردنر، در هر سه گونه وجود دارد. مقاومت خمشی اتصالات ساخته شده با گونه صنوبر و نراد مقادیر نسبتاً مشابهی در هر سه سطح داشتند. در سطح ۱۰ درصد هاردنر، مقادیر مقاومت خمشی در هر سه گونه به یکدیگر بسیار نزدیک بود. در مورد گونه راش با افزایش مقدار هاردنر از ۱۰ به ۲۰ درصد، مقاومت خمشی در مقایسه با دو گونه دیگر افزایش چشمگیری داشت (شکل ۷ و ۹).



شکل ۷- اثر متقابل درصد هاردنر و نوع گونه بر مقاومت خمشی اتصالات

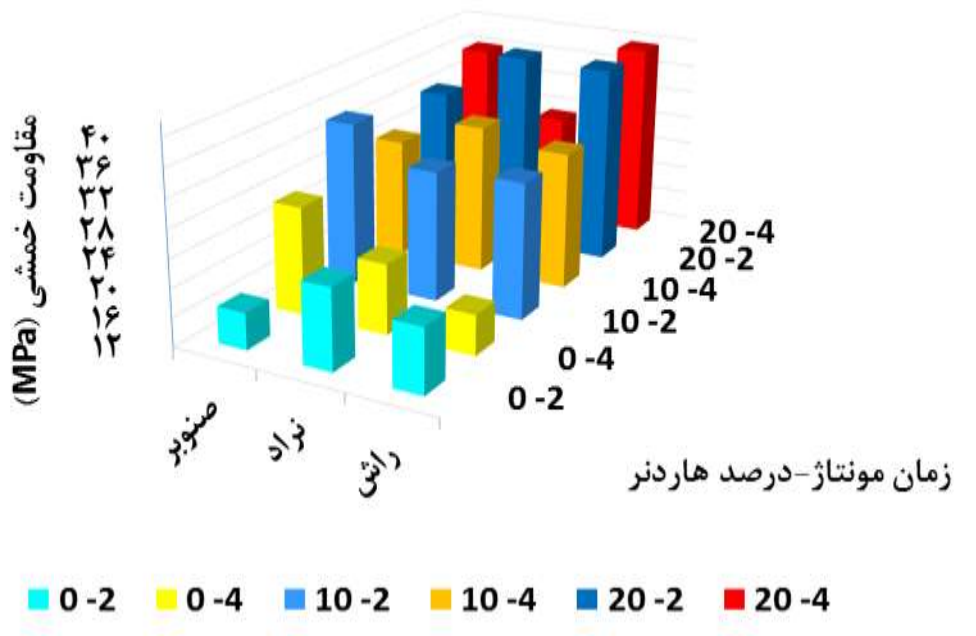
افزایش زمان مونتاژ تنها در شرایط بدون هاردنر موجب افزایش مقاومت شد. اثر متقابل درصد هاردنر و زمان مونتاژ بر مقاومت خمشی اتصالات نشان داد که با استفاده از هاردنر می‌توان بدون افزایش زمان مونتاژ مقاومت اتصالات را بهبود بخشید (شکل ۸ و ۹).



شکل ۸-اثر متقابل درصد هاردنر و زمان مونتاژ باز بر مقاومت خمشی اتصالات

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۹-اثر متقابل درصد هاردنر، زمان مونتاژ باز و نوع گونه بر مقاومت خمشی اتصالات

با توجه به اینکه اضافه نمودن هاردنر به چسب باعث افزایش ویسکوزیته آن می‌شود، نفوذ چسب در زمان مونتاژ محدودتر شده و در زمان بستن گیره از طریق اعمال فشار خارجی افزایش می‌یابد ولی بدلیل بیشتر شدن ویسکوزیته چسب در اثر اضافه نمودن هاردنر، این افزایش نفوذ در ساختار متخلخل چوب صنوبر بهتر و بیشتر رخ داده و باعث افزایش ضخامت ناحیه اینترفاز و در نهایت افزایش مقاومت شده است. لازم به ذکر است که در مورد چوب نراد افزایش ویسکوزیته چسب در اثر اضافه نمودن ۲۰ درصد هاردنر باعث کاهش مقاومت در زمان مونتاژ طولانی گردید و در گونه راش تغییری ایجاد نکرد.

نتیجه‌گیری

بررسی اتصالات چسبی در صنایع مبلمان از سه نظر اهمیت ویژه دارد؛ زمان گیرایی، مقاومت و هزینه. مکانیسم گیرایی در PVAc از نوع از دست دادن حلال است. مولکول های PVAc همزمان با خروج آب از سیستم به یکدیگر نزدیک شده و شبکه چسب را بوجود می‌آورند. عامل چسبندگی مابین مولکول‌های PVAc و چوب، نیروهای واندروالسی و هیدروژنی هستند. اتصالات این چسب هزینه پایین، مقاومت خوب و زمان گیرایی متوسط دارند. چسب‌های پلی اورتان بر پایه ترکیبات ایزوسیانات ساخته می‌شوند. واکنش ایزوسیانات ها با چوب به دو دسته تقسیم می شوند: ۱- واکنش با گروه‌های هیدروکسیل چوب و ۲- واکنش تشکیل پلی اوره از ایزوسیانات و سپس ترکیب پلی اوره با چوب [۱۳]. براساس واکنش‌های مذکور، PVAc با داشتن گروه‌های هیدروکسیل و مولکول‌های آب، در حضور ایزوسیانات، اتصالات عرضی تشکیل داده و ساختارش مستحکم می-شود. در این مطالعه نیز مشاهده شد که اتصالات ساخته شده با PVAc بدون هاردنر در هنگام باز نمودن گیره (حذف فشار) و درآوردن از قالب، نیازمند احتیاط بیشتر برای جدا نشدن قطعات در اثر تنش های ناگهانی هستند. ولی در مورد اتصالات ساخته شده با ۱۰ و ۲۰ درصد هاردنر، مقاومت چسبندگی اتصال پس از ۲۰ دقیقه زمان پرس به حدی بود که به راحتی از قالب خارج می‌شدند. تجزیه و تحلیل مقاومت خمشی اتصالات هم نشان داد که استفاده از هاردنر، مقاومت اتصال را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. در نتیجه استفاده از هاردنر باعث افزایش مقاومت اتصال در کوتاه مدت و طولانی مدت گردید. این افزایش مقاومت ناشی از تشکیل اتصالات عرضی در شبکه مولکول‌های چسب و نیز واکنش شیمیایی گروه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

ایزوسیانات با مولکول‌های PVAc ، سلولز و لیگنین چوب است. بدلیل وجود آب قابل توجه در ساختار PVAc ، واکنش شیمیایی مذکور تسریع یافته و تحکیم اتصال در زمان کوتاه‌تری اتفاق می‌افتد. مسئله دیگر که به‌طور مستقیم روی زمان تولید اثر می‌گذارد، زمان مونتاژ است. در مطالعه انجام شده یکی از متغیرها زمان مونتاژ باز بود. افزایش زمان مونتاژ باز تنها در مورد گونه صنوبر اثر بهبود دهنده داشت و در مورد راش بدون تاثیر و در مواردی موجب کاهش مقاومت خمشی اتصال گردید. از آنجا که افزایش مقاومت ناشی از زمان مونتاژ طولانی‌تر در گونه صنوبر نیز از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است، لذا می‌توان گفت شرایط بهینه برای مونتاژ باز زمان ۲ دقیقه است. مسئله دیگر هزینه چسب برای ایجاد اتصال است. با توجه به قیمت مناسب PVAc ، می توان گفت بهترین انتخاب برای اتصالات مبلمان به‌شمار می‌آید. اگر هدف دست یافتن به اتصال با دوام تر، با مقاومت بالاتر و زمان پرس کوتاه تر است، می‌بایست از چسب‌های سرد دیگر مانند رزورسینول و پلی‌اورتان استفاده نمود ولی هزینه‌ها به شدت افزایش می یابند (۵ تا ۷ برابر). این مطالعه نشان داد که با افزودن تنها ۱۰ یا ۲۰ درصد رزین پلی اورتان تک جزئی بعنوان هاردنر به PVAc، با هزینه‌ای اندک می‌توان به مقاومتی بالاتر در زمان کوتاه‌تر رسید. نتایج نشان داد که در هر سه گونه اختلاف مقاومت خمشی اتصال‌های ساخته شده بدون هاردنر و حاوی هاردنر معنی‌دار بوده است ولی تنها در مورد گونه راش بین سطح ۱۰ و ۲۰ درصد هاردنر اختلاف معنی داری وجود داشته است (شکل ۹). لذا می‌توان این گونه نتیجه‌گیری نمود که انتخاب میزان هاردنر باید با توجه به نوع گونه و مقاومت مورد انتظار صورت گیرد و در اتصال‌هایی که تحت تنش بیشتری هستند از درصد بالاتر هاردنر یعنی ۲۰ درصد استفاده شود و برای اتصالاتی که تنش وارد شده به آنها کمتر است و با گونه های سبک‌تر مانند نراد و صنوبر ساخته می‌شوند، ۱۰ درصد هاردنر کافیست. همچنین با توجه به نتایج تحقیق و اهمیت زمان تولید، ۲ دقیقه زمان مناسب تری برای مونتاژ باز اتصالات می‌باشد.

سپاسگزاری

این تحقیق با استفاده از اعتبار پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و در قالب طرح تحقیقاتی با شناسه **۹۴-۳۳۷-۵۱** انجام شده است.

منابع

[1] Ebrahimi, Gh. 2007. Engineering Design of Furniture Structure. University of Tehran Press, IRAN, 491 P. (In Persian).

[2] Masoudifar,S., Kazeminjfi,S., Ghofrani,M. and Zkhidizaji.h., 2011. Effect of Finger Joint and Scarf Joint on Ultrasonic Parameters. Journal of Forest and Wood Products (JFWP). Iranian Journal of Natural Resources, 64(1):77-89. (In Persian).

[3] Latibari, AJ., 2005. Science and Technology of Adhesion for Lignocellulosic Substances. Karaj Islamic Azad University Press, IRAN, 348 p. (In Persian).

[4] Aicher,S., Höfflin,L., Behrens,W., 2001. A study on tension strength of finger joints in beech wood laminations. Otto-Graf-Journal, 12: 169-186.

[5] Barbotis, I., Vasileiou,V., 2013. Strength of finger-jointed beech wood (fagus sylvatica) constructed with small finger lengths and bonded with pu and pvac adhesives. International conference “wood science and engineering in the third millennium” – icwse.

[6] Vassiliou, V., Barboutis, I., 2007. Effect of PVAc Bonding on Finger-Joint Strength of Steamed and Unsteamed Beech Wood (Fagussylvatica). Journal of Applied Polymer Science, 103: 1664–1669.

[7] Danawade, B. A., Malagi, R.R.,Patil, B. S. and Hanamapure, N. S., 2014. Effect of Finger Joint on

www.SID.ir

Archive of SID

Flexural Strength of Teak Wood. International Journal of Engineering and Technology (IJET), 5(6): 4929-4937.

[8] Patil, B. S.and Hanamapure, N. S., 2014. Review of Comparison of Finger joint Efficiencies of Wood Species. International Journal of Innovative Technology & Adaptive Management (IJITAM). 1(4): 214-217.

[9] Karastergiou,S., Barboutis, J., Vassiliou, V., 2006. Effect of the PVA gluing on bending strength properties of finger jointed turkey Oakwood (Quercus cerris L.). Journal of Holz als Roh- und Werkstoff, 64(4): 339-340.

[10] Shukla, S. R.and Kamdem, D. P., 2008. Properties of laminated veneer lumber (LVL) made with low density hardwood species: effect of the pressure duration. Holz Roh Werkst, 66: 119–127.

[11] Lijun, Q., Allan, J. E., Clive, J. B., Philip, K. C.and Robert, A. F., 2000. Improvement of the water resistance of poly(vinyl acetate) emulsion wood adhesive. Pigment & Resin Technology, 29(3):152-158.

[12] ISO10983. Timber structure- Solid timber finger jointing- Production requirments. International standard organization. 1999.

[13] Pizzi, A., 1983. Wood Adhesives; Chemistry and Technology. (Transalted by Mirshokraie, S.A. 2006). University Center Press, Iran, 350 p. (In Persin).

www.SID.ir

Archive of SID

Performance improvement of PVAc glue in wood finger joints by using isocyanate as a hardener

Abstract

In this study, the effect of open time and hardener content was investigated on bending strength of finger jointed made of three wood species; beech, fir and poplar. For this purpose, wooden samples with dimensions of 25mm width, 35 mm thickness and 350 mm length were prepared from three species. After three weeks of storage in climate room, in order to form finger joint pattern, samples were cut at the half of length. Then, the finger joint pattern was done in new exposed cross sections of the samples. After that, the joints were bonded with three PVAc glue types; pure, with 10% and with 20 % hardener. The second variable of study was open time that was controlled in two levels of 2 and 4 minutes. The close time and press time were constant which were adjusted on 2 and 30 minutes, respectively. The joints were pressed in a special wooden frame by hand clamp. After making joints, they were stored in climate room for three weeks and then the three point bending test was carried out according to ISO 10983. The results showed that by adding isocyanate hardener up to 20%, the bending strength increases significantly. The longer open time could not improve bending strength. On the contrary, it caused strength dropping in some treats but these changes were not significant. The strength of joints made with poplar wood was lower than beech and fir, although this difference was not statistically significant. Finally, the best condition for making this joint was determined by application of 2 min open time and using 10 % PU resin as a hardener.

Keywords: finger joint, open time, isocyanate hardener, bending strength, PVAc glue.

H. Edalat[1*]
M. Reisi[2]

[1] Assistant Prof., Wood technology and engineering department, Faculty of wood and paper engineering, University of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran

[2] Ph.D., Wood-based composite, Wood technology and engineering department, University of agricultural sciences and natural resources, Gorgan. Iran

Corresponding author:
edalat.hr@gmail.com

Received: 2018/06/12
Accepted: 2018/07/16

www.SID.ir