

## تأثیر جنس قلیف، نوع چسب و پیچ بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال گوشه‌ای قاب ساخته‌شده با تخته فیبر دانسیته متوسط (MDF) زیر بار کشش قطری

اکبر رستم‌پور هفتخوانی<sup>۱\*</sup>، فرج‌اله حاجی‌علیزاده<sup>۲</sup>، محمد عربی<sup>۳</sup>

۱. دانشیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳. استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۲۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۲

### چکیده

در کابینت MDF به‌طور معمول به‌صورت قاب با اتصال فارسی با دوپل، بیسکویت، کلیدهای پلاستیکی و قلیف با چسب ساخته می‌شود. به‌دلیل سرعت کار و گیرایی، اغلب از چسب سیانوآکریلات (CA) برای چسباندن آنها استفاده می‌شود، اما این روش غیراصولی است، زیرا به‌دلیل شکننده بودن، چسب بعد از مدتی از ناحیه اتصال جدا می‌شود. از این‌رو این تحقیق با هدف بررسی تأثیر جنس قلیف (تخته چندلا، تخته فیبر و چوب صنوبر)، نوع چسب پلی‌اورتان (PU) و پلی‌وینیل استات (PVAc) و کاربرد پیچ به‌عنوان اتصال‌دهنده مکانیکی بر ظرفیت تحمل لنگر خمشی قاب MDF تحت بار کشش قطری انجام گرفت و نتایج با قاب کامل برش داده‌شده با CNC مقایسه شد. بارگذاری با دستگاه Hounsfield 0308 با سرعت بارگذاری ۵ میلی‌متر بر دقیقه انجام گرفت. نتایج نشان داد که با تغییر جنس قلیف، نوع چسب و اتصال‌دهنده مکانیکی مقاومت اتصالات به‌ترتیب ۷۹/۲، ۶۹/۱ و ۱۳۱/۷ درصد تغییر کرد. کمترین لنگر خمشی مربوط به اتصال ساخته‌شده با قلیف تخته چندلا و چسب PVAc بدون پیچ (۶۷/۴ نیوتن متر) و بیشترین آن مربوط به دو اتصال ساخته‌شده با قلیف تخته فیبر و صنوبر با چسب PU به‌همراه پیچ بود (به‌ترتیب ۵۰/۸۳ و ۴۸/۶۸ نیوتن متر). لنگر خمشی نمونه‌های ساخته‌شده با قلیف تخته فیبر و صنوبر با چسب PU به‌همراه پیچ حتی از نمونه‌های قاب کامل بیشتر بود (به‌ترتیب ۱۲/۴ و ۷/۶ درصد). از این‌رو برای کاهش دورریز ناشی از برش قاب کامل، باید هر سه قلیف بررسی شده با چسب PU به‌همراه پیچ برای ساخت قاب استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: پیچ، چسب پلی‌اورتان، چسب پلی‌وینیل استات، قاب MDF، قلیف.

### مقدمه

اعضای اتصال به‌ترتیب به‌طور فیزیکی با یکدیگر درگیرند یا توسط جزء سومی به نام اتصال‌دهنده یا با چسب به هم متصل می‌شوند. برای ساخت مبلمان صفحه‌ای با صفحات فشرده مانند تخته خرده‌چوب، تخته فیبر یا دانسیته متوسط (MDF<sup>۱</sup>) و تخته چندلا بیشتر اتصالات از نوع اتصال دوم و سوم هستند که برای اتصال قطعات آنها از انواع

یکی از فنون و مهارت‌های مهم در ساخت مصنوعات چوبی، ساخت اتصالاتی زیبا، بادوام و مقاوم است. اتصالات در ساخت مبلمان به‌صورت اتصال درگیر، اتصال به‌هم‌بسته و اتصال با چسب است. در این نوع اتصالات،

\* نویسنده مسئول، تلفن، ۰۹۱۲۴۷۹۵۲۳۴

اتصال‌دهنده مکانیکی مانند پیچ و ... یا چسب استفاده می‌شوند. چسب‌های مختلفی در ساخت اتصالات مصنوعات چوبی کاربرد دارند که به چسب‌های سرد و گرم دسته‌بندی می‌شوند. بیشتر چسب‌های دارای کاربرد برای ساخت اتصالات مبلمان مانند چسب پلی‌وینیل استات (PVA<sup>1</sup>)، چسب سیانوآکریلات (CA<sup>2</sup>) یا چسب ۱۲۳، چسب پلی‌اورتان و چسب اپوکسی از نوع سردند. چسب سیانوآکریلات به دلیل سرعت چسبندگی در بین نجاران به چسب یک دو سه (۱۲۳) معروف است. به همین دلیل در اتصال قطعات مبلمان صفحه‌ای مطلوب بوده و مورد توجه قرار گرفته است. چسب سیانوآکریلات علی‌رغم سرعت چسبندگی زیاد، در برابر تغییر شکل‌های تکراری شکننده است و مقاومت کمی از خود نشان می‌دهد، به طوری که چسب در خط چسب شکسته می‌شود و قطعات از هم جدا می‌شوند. نمونه‌ای از اتصالات ساخته‌شده با این چسب که در معرض بارهای تکراری قرار می‌گیرند عبارت‌اند از قاب‌ها در کابینت‌ها به‌ویژه آنهایی که شیشه دارند مانند کابینت آزمایشگاه، قاب در شیشه‌ای، کابینت آشپزخانه و غیره. شکل ۱ بارهای خارجی واردشده بر قاب MDF و نمونه‌ای از جدا شدن اتصالات ساخته‌شده با چسب سیانوآکریلات و دوبل چوبی را نشان می‌دهد. اتصالات گوشه‌ای در مبلمان تحت تأثیر نیروهای خارجی زیادی اعم از فشاری، کششی، برشی و لنگر خمشی قرار می‌گیرند [۱]. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، اتصال ساخته‌شده با دوبل و چسب سیانوآکریلات به دلیل باز شدن تکراری و شکنندگی چسب بعد از مدتی از هم جدا شده است.

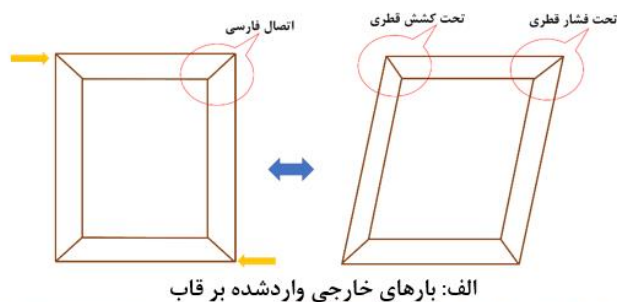
اتصالات در هر سازه‌ای ضعیف‌ترین بخش آن است، در نتیجه ابتدا تنش در نقاط اتصال زودتر به حد بحرانی می‌رسد و می‌شکند. از این رو، باید با تدابیری این نقاط بهبود یابند.

برای ساخت قاب اغلب از اتصال فارسی استفاده می‌شود که مقاومت بیشتری از اتصال سربه‌سر دارد [۲]. برای متصل کردن اعضای اتصال قاب MDF به‌طور معمول از دوبل چوبی، دم‌چلچله پلاستیکی، قلیف، بیسکویت چوبی و ... استفاده می‌شود. مقاومت قاب در برابر بارهای خارجی به جنس اعضای قاب، نوع اتصال، نوع چسب و نوع اتصال‌دهنده‌های به‌کاررفته برای ساخت اتصال بستگی دارد [۳-۷]. دالوند و همکاران (۲۰۱۳) با ساخت اتصال دم‌چلچله پلاستیکی روی قاب چوبی نراد فارسی و سربه‌سر نشان دادند که اتصالات ساخته‌شده با چسب PVAc بهتر از CA است [۲]. آلتون و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند که مقاومت اتصالات دم‌چلچله پلاستیکی ساخته‌شده روی قاب MDF فارسی با چسب PVAc در فشار قطری و با CA در کشش قطری بهتر است، اما به دلیل انعطاف‌پذیری چسب PVAc را برای ساخت قاب توصیه کردند [۳]. ملکی و همکاران (۲۰۱۳) نیز بیان کردند که لنگر خمشی در کشش قطری اتصالات دم‌چلچله پلاستیکی ساخته‌شده روی قاب MDF و تخته خرده‌چوب فارسی با چسب CA بهتر از چسب PVA است و به دلیل گیرایی بهتر چسب CA برای ساخت قاب پیشنهاد شد [۴]. ازکایا و همکاران (۲۰۱۰) با ساخت اتصال دم‌چلچله پلاستیکی روی قاب MDF فارسی نشان دادند که مقاومت اتصالات با چسب PVAc دو برابر PU و ۳۵ درصد بیشتر از CA است [۵]. تقی‌یاری و همکاران (۲۰۱۶) با ساخت اتصال فارسی قاب MDF و تخته خرده‌چوب با دم‌چلچله پلاستیکی و اتصال‌دهنده V شکل فلزی نشان دادند که مقاومت اتصالات ساخته‌شده با این دو نوع اتصال‌دهنده به‌ویژه اتصال‌دهنده فلزی با چسب بهتر است [۶]. دریکوند و اکلمن (۲۰۱۵) با بررسی اتصال فارسی قاب MDF و تخته خرده‌چوب با دم‌چلچله پلاستیکی، اتصال پلاستیکی H شکل، دوبل چوبی و قلیف تخته چندلا نشان دادند که مقاومت اتصال ساخته‌شده با دو دوبل بیشتر از بقیه اتصال‌دهنده‌هاست و همچنین بیشترین مقاومت بعد از دوبل به ترتیب مربوط به

1. Polyvinyl acetate (PVAc)
2. Cyanoacrylate (CA)

کاربرد اتصال قلیف<sup>۱</sup> در ساخت اتصال گوشه‌ای پژوهش‌های محدودی انجام گرفته است [۱۵-۱۷]. ملکی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی ساخت اتصال گوشه‌ای با قلیف چوبی، تخته فیبر سخت (HDF) و تخته چندلا در MDF و تخته خرده‌چوب نشان دادند که اتصالات ساخته‌شده از MDF مقاومت بیشتری از اتصال ساخته‌شده با تخته خرده‌چوب دارند، به طوری که جنس قلیف و جنس اعضای اتصال بیشترین تأثیر را بر ظرفیت لنگر خمشی داشتند [۱۶]. آنها نشان دادند که اتصالات ساخته‌شده با قلیف HDF تحت فشار قطری و قلیف چوب ممرز در کشش قطری بیشترین مقاومت را از خود نشان دادند. تانکوت و تانکوت (۲۰۰۹) با بررسی لنگر خمشی اتصالات گوشه‌ای ساخته‌شده با دویل، قلیف و بیسکویت چوب راش نشان دادند که اتصالات ساخته‌شده با بیسکویت و قلیف چوبی در فشار قطری بیشترین مقاومت را از خود نشان می‌دهند و کمترین مقاومت مربوط به دویل است، اما در کشش قطری برعکس بود [۱۷].

قلیف تخته چندلا، دم‌چلچله پلاستیکی و اتصال‌دهنده پلاستیکی H شکل است. آنها همچنین نشان دادند که قاب ساخته‌شده با MDF مقاومت بیشتری از تخته خرده‌چوب از خود نشان داد [۷]. نکته شایان توجه در تحقیقات ذکرشده این است که در مقایسه با چسب PVAc و CA، چسب PU کمترین تأثیر را بر مقاومت اتصالات داشت. در تحقیقات ذکرشده بیشتر از دم‌چلچله پلاستیکی برای متصل کردن قاب استفاده شد. تجربه و مشاهدات ما نشان داده‌اند که چسب PU چسبندگی خوبی به پلاستیک ندارد. شاید دلیل اصلی مقاومت کم اتصالات ساخته‌شده با دم‌چلچله پلاستیکی با چسب در ایجاد اتصال در قاب‌های فارسی همین نکته باشد. تحقیقات درباره مقایسه عملکرد چسب‌های PVAc و PU نشان داده‌اند که مقاومت اتصالات [۸-۱۱] و مقاومت برشی خط چسب [۱۲-۱۴] در نمونه‌های ساخته‌شده با چسب PU بیشتر است. حتی ظرفیت لنگر خمشی تحت کشش قطری در اتصالات قاب MDF که فقط با چسب به هم متصل شده بودند، با چسب PU بیشتر از PVAc و CA است [۳]. درباره



الف: بارهای خارجی واردشده بر قاب



ب: شکست اتصال فارسی قاب سکوبندی آزمایشگاه

شکل ۱. اتصال ساخته‌شده برای ساخت قاب در قفسه آزمایشگاه با دویل چوبی و چسب سیانواکریلات<sup>۱</sup>

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای ساخت اتصال قاب از ورق تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) شرکت آرتا اردبیل استفاده شد. ضخامت ورق MDF ۱۶ میلی‌متر بود. اعضای اتصال با ابعاد ۱۶×۷۰×۱۹۰ میلی‌متر (به ترتیب ضخامت، پهنا و طول) بریده شدند. سپس یک طرف هر عضو با زاویه ۴۵ درجه فارسی بری شد. مدول گسیختگی (MOR1) و مدول الاستیسیته خمشی (MOE2) MDF براساس استاندارد EN 310 [۱۸] به ترتیب ۲۳/۹ و ۲۸۸۱/۷ مگاپاسکال بود. دانسیته آن نیز ۷۴۳ کیلوگرم بر متر مکعب بود.

برای متصل کردن اعضا به همدیگر از قلیف استفاده شد. جنس قلیف‌ها از چوب صنوبر، تخته چندلا و تخته فیبر با ضخامت ۳ میلی‌متر بود. برش قلیف صنوبر به صورت مماسی بود. دانسیته چوب صنوبر، تخته سه‌لای صنوبر و تخته فیبر به ترتیب ۳۷۸، ۴۲۵ و ۷۲۱ کیلوگرم بر متر مکعب بود.

برای ساخت اتصال از چسب‌های PVAc مشهد ۸۰۱ با ۶۰ درصد مواد جامد و گرانیوی ۱۲۰۰۰ سانتی‌پواز (براساس کاتالوگ شرکت سازنده) و PU دوجزئی با شماره ML518 با درصد مواد جامد ۱۰۰ درصد و گرانیوی ۳۵۰۰ سانتی‌پواز (براساس کاتالوگ شرکت سازنده) شرکت مواد مهندسی مکرر استفاده شد. برای چسباندن با PU به توصیه شرکت مذکور از نسبت چسب به هاردنر ۱۰۰ به ۳۰ استفاده شد.

برای نصب قلیف‌ها، در وسط ضخامت فارسی شده MDF به اندازه ابعاد قلیف با اره گرد با ضخامت ۳ میلی‌متر برش داده شد و بعد از چسب‌زنی قلیف‌ها داخل شکاف ایجاد شده نصب شدند. عوامل ثابت این پژوهش عضو اتصال بود که با MDF ساخته شدند. اتصالات با قلیف‌هایی از جنس چوب صنوبر، تخته چندلا و تخته فیبر سخت با دو نوع چسب

در ابتدای مقدمه گفته شد که قاب MDF برای ساخت در کابینت‌ها به خصوص سکوبندی آزمایشگاه‌ها به تکرار باز و بسته می‌شوند. در نتیجه قاب به دلیل بارهای تکراری از نقطه اتصال باز می‌شود، به طوری که این شکست در اتصالات ساخته شده با چسب CA به دلیل شکننده بودن چسب رایج است. یکی از راهکارهای مطمئن برای غلبه بر مشکل باز شدن و شکست از محل اتصال، ساخت قاب به صورت کامل با CNC است، به طوری که گوشه‌های قاب به صورت یکنواخت و بدون اتصال است، اما هزینه برش و دورریز بیشتری دارد. راه دیگر که هدف این پژوهش نیز بوده، ساخت اتصال با قلیف به همراه چسب و یک اتصال‌دهنده مکانیکی است. یکی از مهم‌ترین عامل‌ها در ساخت اتصالات، زمان و هزینه اجرای کار است. از این رو ترجیح بر آن است که از چسبی استفاده شود که به سرعت گیرا شود. یکی از چسب‌های مدنظر، چسب سیانوآکریلات است. اما این چسب شکست تدری دارد، به طوری که با ضربه و بار تکراری به صورت ناگهانی می‌شکند. از چسب‌هایی که به دلیل خاصیت ویسکوالاستیک رفتار نزدیکی با چوب و فرآورده‌های مرکب آن دارند، می‌توان به پلی‌اورتان و پلی‌وینیل استات اشاره کرد. ولی این چسب‌ها در حالت سرد برای گیرایی به زمانی بیش از یک ساعت نیاز دارند که بسیار زیاد است و ساخت اتصال با آنها نیازمند استفاده از گیره‌های نجاری و کار بیشتر نسبت به چسب سیانوآکریلات است. برای غلبه بر این مشکل، در این تحقیق سعی شد تا از چسب‌های سرد مانند پلی‌وینیل استات و پلی‌اورتان به همراه اتصال‌دهنده‌های مکانیکی (پیچ) برای ساخت اتصال استفاده شود تا به بستن با انواع گیره نیازی نباشد و بعد از ساخت اتصال قابل لبه چسبانی باشند. از این رو این تحقیق با هدف بررسی تأثیر نوع چسب، جنس قلیف و استفاده کردن یا استفاده نکردن از اتصال‌دهنده مکانیکی به همراه چسب برای ساخت اتصال روی قاب MDF بر ظرفیت لنگر خمشی زیر بار کشش قطری انجام گرفت.

1. Modulus of Rupture (MOR)
2. modulus of elasticity (MOE)

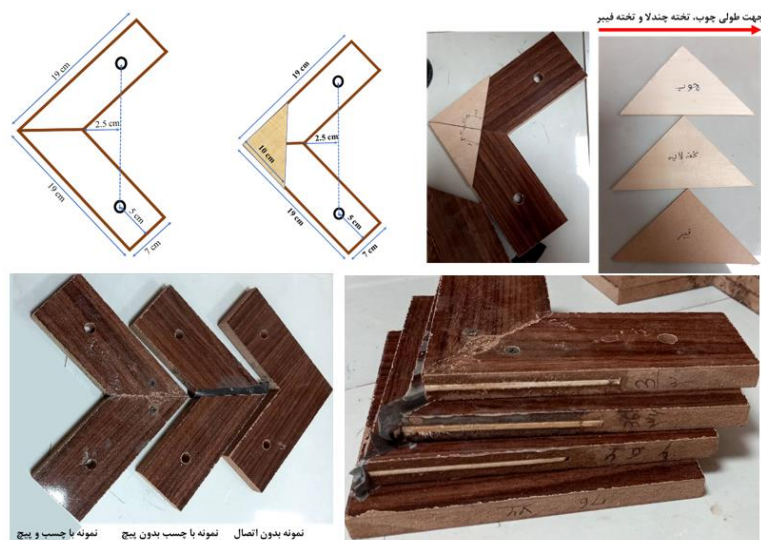
دو طرف اعضای اتصال به فاصله ۵۰ میلی‌متر از گوشه بیرونی سوراخی به قطر ۱۵ میلی‌متر ایجاد شد تا هنگام آزمایش از آن ناحیه در معرض کشش قرار گیرد. مشخصات تیمارهای تحت بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.

این پژوهش با هدف رسیدن به مقاومت قاب برش داده‌شده با CNC انجام گرفت. از این رو چهار نمونه از اتصالات بررسی شده براساس جدول ۱ که بیشترین مقاومت را دارند، با قاب بدون اتصال برش داده‌شده با CNC مقایسه شدند. تصاویری واقعی و شماتیک از نمونه‌ها و نحوه بارگذاری آنها در شکل‌های ۲ و ۳ ارائه شده است.

(PU و PVAc) ساخته شدند. یک رشته از این اتصالات فقط با چسب ساخته شده و گروه دیگر با چسب به‌همراه دو پیچ به هم متصل شدند. پیچ استفاده‌شده در این تحقیق دارای ۴ میلی‌متر قطر، ۱۵ میلی‌متر طول و گام ۱/۶۹ میلی‌متر است، به‌طوری که هنگام نصب فقط از داخل قاب دیده می‌شود. نمونه‌های ساخته‌شده بدون پیچ برای گیرایی کامل چسب‌ها به مدت دو ساعت با گیره تحت فشار قرار گرفتند، ولی برای بررسی تأثیر حذف مرحله بستن با گیره، نمونه‌های ساخته‌شده با چسب و پیچ بدون گیره ساخته شدند. از طرف دیگر برای اینکه چسبندگی فقط در سطح مشترک قلیف با MDF اتفاق بیفتد، بین دو عضو اتصال لایه‌ای از پلاستیک قرار گرفت. در

جدول ۱. مشخصات تیمارهای بررسی شده در این پژوهش

جنس قلیف	نوع چسب	اتصال دهنده مکانیکی (پیچ)
تخته چندلا	PVAC	با پیچ
	PU	بدون پیچ
تخته فیبر سخت	PVAC	با پیچ
	PU	بدون پیچ
چوب صنوبر	PVAC	با پیچ
	PU	بدون پیچ



شکل ۲. نمایش شماتیک و تصاویری از نمونه‌های تحت بررسی



شکل ۳. نمونه‌های اتصال زیر بار کشش قطری

مربوط به نمونه‌های ساخته‌شده قلیف تخته چنودلا با چسب پلی‌اورتان بدون پیچ (۶/۴۷ N.m) و همچنین اتصال ساخته‌شده با قلیف تخته فیبر با چسب PVAc بدون پیچ (۷/۵۹) و بیشترین آن به ترتیب مربوط به نمونه‌های ساخته‌شده با قلیف تخته فیبر، صنوبر و تخته چنودلا با چسب PU به همراه پیچ بود (به ترتیب ۵۰/۸۳، ۴۸/۶۸ و ۳۹/۴۸ N.m). این تحقیق برای رسیدن به مقاومت نمونه‌های برش‌داده‌شده با CNC بدون اتصال‌دهنده بود. نتایج نشان داد که ظرفیت تحمل لنگر خمشی نمونه‌های ساخته‌شده با قلیف تخته فیبر و صنوبر با چسب PU به همراه پیچ حتی از نمونه‌های بدون اتصال‌دهنده بیشتر بود (به ترتیب ۱۲/۴ و ۷/۶ درصد)، اما گروه‌بندی دانکن نشان داد که این اختلاف از نظر آماری معنی‌دار نیست.

نتایج تجزیه واریانس مربوط به تأثیر مستقل و متقابل جنس قلیف، نوع چسب و استفاده کردن یا استفاده نکردن از پیچ بر ظرفیت تحمل لنگر خمشی در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که تأثیر مستقل همه عوامل متغیر و همچنین تأثیر متقابل جنس قلیف × اتصال‌دهنده مکانیکی و نوع چسب × اتصال‌دهنده مکانیکی بر ظرفیت تحمل لنگر خمشی در سطح اعتماد ۹۵ درصد از نظر آماری معنی‌دار است.

سپس ظرفیت لنگر خمشی نمونه‌ها با رابطه زیر محاسبه شد.

$$M = P \times L \quad (1)$$

که در آن  $M$  ظرفیت لنگر خمشی (N.m)،  $P$  حداکثر نیروی کششی اتصال (N) و  $L$  طول بازوی کششی (متر) است که در این نوع اتصال ۰/۲۵ متر در نظر گرفته شد. بارگذاری کششی توسط دستگاه آزمایش Hounsfield مدل 0308 با ظرفیت ۲۵KN انجام گرفت. سرعت بارگذاری ۵ میلی‌متر بر دقیقه در نظر گرفته شد.

متغیرهای تحت بررسی شامل جنس قلیف (تخته چنودلا، تخته فیبر و چوب صنوبر)، نوع چسب (PU و PVAc) و استفاده کردن و استفاده نکردن از اتصال‌دهنده مکانیکی (پیچ) بود. این تیمارها با نمونه قاب بدون اتصال برش‌داده‌شده با CNC به عنوان نمونه شاهد مقایسه شدند. برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. در نتیجه در مجموع سیزده تیمار و سی‌ونه نمونه در قالب طرح کاملاً تصادفی و آزمون فاکتوریل در سطح اعتماد ۹۵ درصد از نظر آماری تحلیل شدند. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد. داده‌های به دست آمده با نرم‌افزار SPSS 25 تجزیه و تحلیل شدند.

### نتایج و بحث

میانگین ظرفیت لنگر خمشی نمونه‌ها در جدول ۲ ارائه شده است. براساس نتایج، کمترین مقدار لنگر خمشی

جدول ۲. میانگین ظرفیت لنگر خمشی اتصالات ساخته‌شده با قلیف تخته فیبر، تخته چندلا و چوب صنوبر

جنس قلیف	نوع چسب	اتصال‌دهنده مکانیکی	ظرفیت لنگر خمشی (N.m)	گروه‌بندی دانکن
تخته فیبر	PU	با پیچ	۵۰/۸۳(۵/۷۳)	f
		بدون پیچ	۱۱/۱۳(۲/۱۹)	ab
	PVAc	با پیچ	۲۵/۱۱(۷/۷۳)	cd
		بدون پیچ	۷/۵۹(۲/۲۳)	a
تخته چندلا	PU	با پیچ	۳۹/۴۸(۵/۸۲)	e
		بدون پیچ	۶/۴۷(۳/۳۲)	a
	PVAc	با پیچ	۱۵/۴۴(۴/۶۲)	b
		بدون پیچ	۱۱/۳۲(۳/۱)	ab
چوب صنوبر	PU	با پیچ	۴۸/۶۸(۲/۸)	f
		بدون پیچ	۳۰/۴۶(۱۰/۹)	d
	PVAc	با پیچ	۲۸/۳۹(۴/۶۱)	cd
		بدون پیچ	۲۲/۷۵(۲/۵۴)	c
		بدون اتصال‌دهنده CNC، بدون اتصال‌دهنده	۴۵/۲۲(۱/۷۱)	ef

- اعداد داخل پرانتز انحراف معیار را نشان می‌دهند  
- حروف انگلیسی گروه‌بندی دانکن را نشان می‌دهند.

جدول ۳. جدول تجزیه واریانس تأثیر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر ظرفیت لنگر خمشی اتصال

Sig.	ظرفیت لنگر خمشی (N.m)			منابع تغییرات
	مقدار F	میانگین مربعات	درجه آزادی	
۰/۰۰۰*	۳۵/۳۴۹	۶۳۳/۰۷۰	۲	جنس قلیف
۰/۰۰۰*	۸۱/۵۶۱	۱۴۶۰/۶۷۳	۱	نوع چسب
۰/۰۰۰*	۱۹۵/۰۱۲	۳۴۹۲/۴۶۵	۱	اتصال‌دهنده مکانیکی
۰/۳۰۳ <sup>ns</sup>	۱/۲۶۰	۲۲/۵۷۴	۲	جنس قلیف × نوع چسب
۰/۰۰۰*	۱۱/۸۰۷	۲۱۱/۴۵۴	۲	جنس قلیف × اتصال‌دهنده مکانیکی
۰/۰۰۰*	۵۶/۵۱۷	۱۰۱۲/۱۶۸	۱	نوع چسب × اتصال‌دهنده مکانیکی
۰/۰۸۰ <sup>ns</sup>	۲/۸۱۳	۵۰/۳۷۱	۲	جنس قلیف × نوع چسب × اتصال‌دهنده مکانیکی

- ns معنی‌دار نبودن - \* معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۵ درصد

نشان‌دهنده معنی‌داری اختلاف بین میانگین‌های ظرفیت لنگر خمشی برای اتصالات ساخته‌شده با این سه نوع قلیف بود.

بررسی تأثیر مستقل نوع چسب بر مقاومت اتصال در بخش ب شکل ۴ نشان داد که اتصالات ساخته‌شده با چسب PU لنگر خمشی بیشتری تحمل کردند (۶۹ درصد) و این اختلاف براساس جدول تجزیه واریانس از نظر آماری نیز معنی‌دار است.

نتایج بخش ج شکل ۴ نشان داد که با کاربرد پیچ به‌عنوان اتصال‌دهنده مکانیکی به‌همراه چسب برای ساخت

### تأثیر مستقل عوامل متغیر بر ظرفیت تحمل لنگر خمشی اتصال

نتایج تأثیر مستقل عوامل متغیر بر ظرفیت لنگر خمشی اتصالات بررسی شده در شکل ۴ ارائه شده است. نتایج تأثیر مستقل جنس قلیف بر مقاومت اتصال در بخش الف شکل ۴ نشان داد که بیشترین مقاومت مربوط به قلیف صنوبر (۳۲/۵۷ N.m) و کمترین آن مربوط به قلیف تخته چندلا (۱۸/۱۸ N.m) بود، به‌طوری که ظرفیت لنگر خمشی قلیف صنوبر به ترتیب ۷۹/۲ و ۳۷/۶ درصد بیشتر از قلیف تخته چندلا و تخته فیبر بود. گروه‌بندی دانکن

در اتصالات ساخته‌شده با چسب PU و PVAc ظرفیت لنگر خمشی به ترتیب ۱۸۹/۱ و ۶۵/۵ درصد افزایش یافت. نتایج گروه‌بندی دانکن نشان داد که با کاربرد پیچ، افزایش مقاومت اتصال از نظر آماری معنی‌دار است. با تغییر همزمان نوع چسب و کاربرد اتصال‌دهنده مکانیکی، مقاومت اتصال ۲۳۳/۶ درصد تغییر کرد.

برپایه نتایج، اتصالات ساخته‌شده با چسب PU مقاومت بیشتری از نمونه‌های ساخته‌شده با چسب PVAc داشت. چسب PVAc به دلیل قیمت کمتر، سهولت کاربرد و پیامدهای مخرب زیست‌محیطی کمتر سال‌هاست که مورد توجه نجاران بوده است. این چسب علی‌رغم مزایای یادشده، در برابر آب و حرارت مقاومت خوبی ندارد و در طولانی‌مدت در برابر خزش مقاومت کمی دارد [۱۹]. به همین دلیل این چسب فقط برای مصارف داخل ساختمان که رطوبت و دمای محیط کم است استفاده می‌شود. یکی از چسب‌هایی که به دلیل مقاومت بهتر در برابر آب و رطوبت برای کاربردهای بیرونی توصیه شده PU است [۱۲]. در این مقاله درباره عملکرد چسب نتایج مشابهی دیده شد، چنانکه عملکرد چسب PU برای قلیف چوب بهتر از قلیف تخته فیبر بود که می‌توان دلیل آن را مقاومت کششی موازی الیاف بیشتر چوب صنوبر نسبت به تخته فیبر ذکر کرد. دلیل مقاومت کمتر قلیف تخته سه‌لا جهت و ضخامت لایه‌های آن است. قلیف تخته چندلا از سه لایه تشکیل شده بود، به طوری که ضخامت لایه‌های سطحی ۰/۵ میلی‌متر و ضخامت لایه مغزی آن ۲ میلی‌متر است. قلیف‌های تخته سه‌لا در جهت طولی لایه‌های رویی بریده شدند، چنانکه وقتی زیر بار کششی قرار گرفتند لایه‌های نازک رویی (به صورت طولی) و لایه مغزی (صورت عرضی) مقاومت کمی از خود نشان دادند و به صورت ترد شکستند.

اتصال، ظرفیت لنگر خمشی نمونه‌ها ۱۳۱/۷ درصد بیشتر از نمونه‌های متصل‌شده فقط با چسب بود و این اختلاف براساس جدول تجزیه واریانس از نظر آماری معنی‌دار بود.

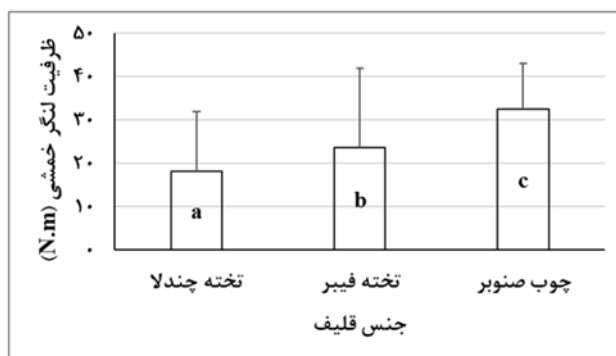
### تأثیر متقابل عوامل متغیر بر ظرفیت تحمل لنگر خمشی اتصال

نتایج تأثیر متقابل عوامل متغیر بر ظرفیت لنگر خمشی در شکل ۵ ارائه شده است. براساس نتایج تأثیر متقابل جنس قلیف و نوع چسب در بخش الف شکل ۵، کمترین مقاومت اتصال مربوط به نمونه‌های ساخته‌شده با قلیف صنوبر با چسب PU و کمترین آن مربوط به قلیف تخته چندلا با چسب PVAc بود. با تغییر نوع قلیف و چسب، همزمان ظرفیت لنگر خمشی ۱۹۵/۷ درصد تغییر کرد. مشاهده شد که با کاربرد PU به جای PVAc در اتصالات ساخته‌شده با قلیف تخته فیبر، تخته چندلا و چوب صنوبر، تحمل ظرفیت لنگر خمشی به ترتیب ۸۹/۵، ۷۱/۷ و ۵۴/۷ درصد افزایش یافت.

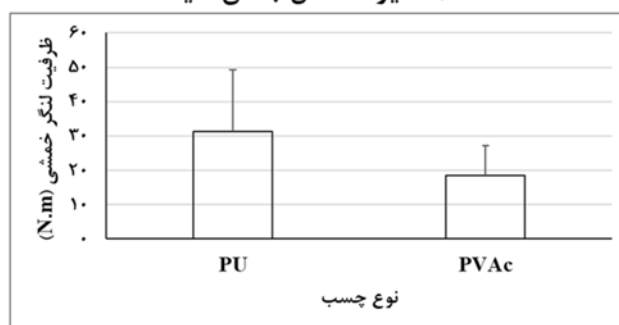
بعضی از اتصالات بررسی شده با چسب و پیچ به طور همزمان ساخته شدند. بخش ب شکل ۵ تأثیر متقابل جنس قلیف و کاربرد پیچ را در اتصالات بررسی شده نشان می‌دهد. مشاهده شد که با کاربرد پیچ به همراه چسب در اتصالات ساخته‌شده با قلیف تخته فیبر، تخته چندلا و چوب صنوبر، تحمل ظرفیت لنگر خمشی به ترتیب در حدود ۴، ۳ و ۱/۵ برابر افزایش یافت که بیانگر تأثیر زیاد کاربرد پیچ به همراه چسب برای ساخت اتصال بود. نتایج گروه‌بندی دانکن نشان داد که تأثیر کاربرد پیچ برای اتصالات ساخته‌شده با قلیف تخته فیبر و تخته چندلا معنی‌دار بود، اما برای چوب معنی‌دار نبود. با تغییر همزمان جنس قلیف و کاربرد اتصال‌دهنده مکانیکی مقدار ظرفیت لنگر خمشی ۳۳۳/۲ درصد تغییر کرد.

تأثیر متقابل نوع چسب و کاربرد پیچ برای ساخت اتصال در بخش ج شکل ۵ ارائه شده است. با کاربرد پیچ

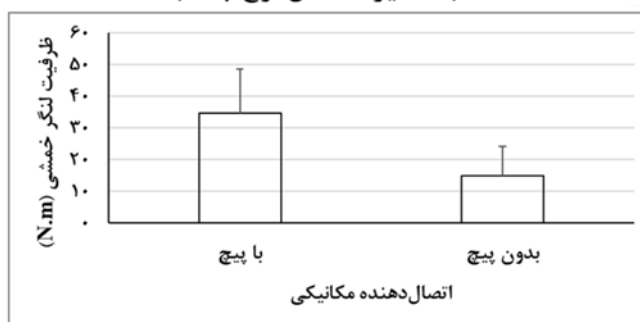




الف) تأثیر مستقل جنس قلیف

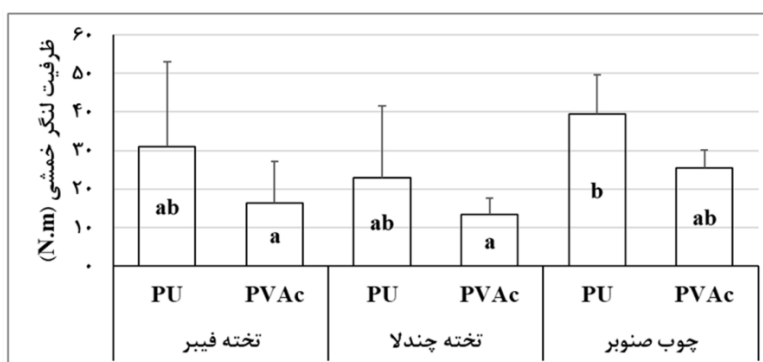


ب) تأثیر مستقل نوع چسب

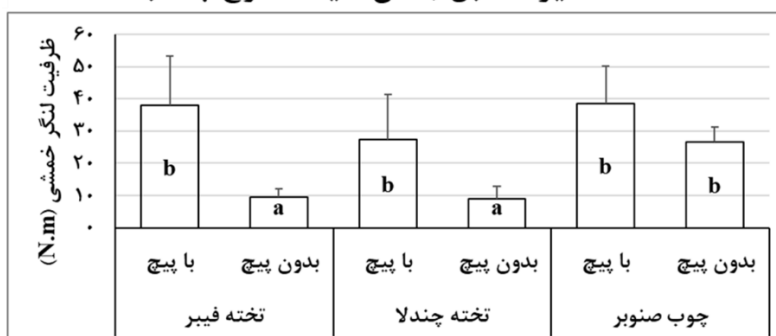


ج) تأثیر مستقل کاربرد پیچ

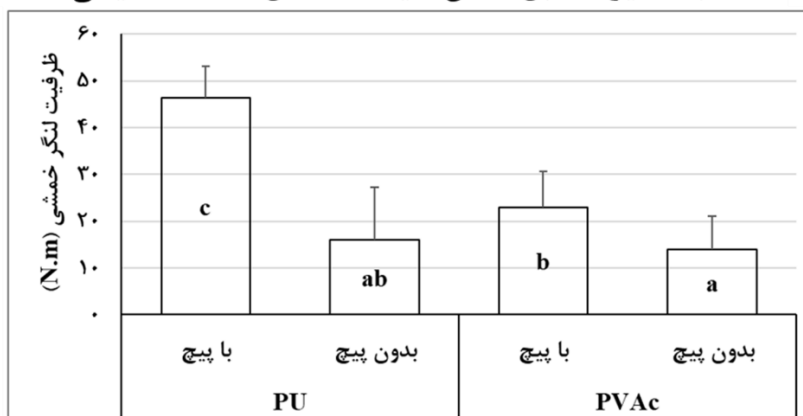
شکل ۴. تأثیر مستقل جنس قلیف، نوع چسب و استفاده کردن یا استفاده نکردن از پیچ بر ظرفیت تحمل لنگر خمشی



الف) تأثیر متقابل جنس قلیف × نوع چسب



ب) تأثیر متقابل جنس قلیف × اتصال دهنده مکانیکی



ج) تأثیر متقابل نوع چسب × اتصال دهنده مکانیکی

شکل ۵. تأثیر متقابل جنس قلیف، نوع چسب و استفاده کردن یا استفاده نکردن از پیچ بر ظرفیت تحمل لنگر خمشی

معنا که شکست در خط چسب یا در اتصال دهنده اتفاق نیفتد و این یعنی اتصال دهنده و چسب زیر بار به خوبی عمل کرده است. بررسی دقیق مدهای شکست در شکل ۵ نشان می‌دهد که در بیشتر اتصالات بدون پیچ، شکست در قلیف اتفاق افتاده بود و به همین دلیل مقاومت کمی از خود نشان دادند؛ اما در نمونه‌های ساخته شده با قلیف تخته فیبر و چوب صنوبر بدون پیچ با چسب PU شکست

نتایج نشان داد که ظرفیت لنگر خمشی اتصالات ساخته شده با قلیف چوب بیشتر از تخته فیبر و تخته سه‌لای صنوبر است. نتایج همچنین نشان داد که با کاربرد پیچ به همراه چسب ظرفیت لنگر خمشی نمونه‌های اتصال افزایش یافت. دلیل این موضوع را باید در مدهای شکست اتصال، اتصال دهنده قلیف و خط چسب جست‌وجو کرد. مطلوب‌ترین شکست، شکست عضو اتصال است، بدین

زمانی که اتصال گوشه‌ای تحت بار خارجی قرار می‌گیرد، بار در صفحه فارسی اتصال به‌صورت برشی و کششی عمود بر خط چسب توزیع می‌شود. به‌طوری که بار کششی سبب ایجاد تنش کششی در قلیف و همچنین تنش برشی در خط چسب بین قلیف و سطح مشترک آن در ضخامت MDF می‌شود. بررسی شکست اتصالات نشان می‌دهد که در همه اتصالات ساخته‌شده با چسب بدون پیچ با قلیف تخته فیبر و تخته چندلا، قلیف شکسته است، جز اتصالات ساخته‌شده با قلیف چوبی که بیانگر مقاومت کششی بیشتر چوب نسبت به تخته فیبر و تخته سه‌لا بوده است. به همین دلیل اتصالات ساخته‌شده با چسب بدون پیچ با قلیف چوبی بیشتر از بقیه بوده است. تخته سه‌لا، دارای دو لایه نازک روکش روی سطوح به‌صورت طولی و یک لایه ضخیم‌تر به‌صورت عرضی در وسط بوده است؛ به همین دلیل زیر بار به‌صورت ترد شکسته است. اما وقتی اتصالات با چسب به‌همراه پیچ ساخته شد، سطح اتصال فارسی نیز با چسب به هم چسبانده شد. در این حالت، تنش از صفحه فارسی اتصال به خط چسب سطح مشترک بین قلیف و ضخامت MDF توزیع می‌شود. با ایجاد دو تنش برشی هم‌زمان روی خط چسب و پیچ و همچنین تنش تکیه‌گاهی پیچ روی قلیف، احتمال شکست در سطوح چسب‌خورده یا قلیف وجود دارد. بررسی شکست اتصالات ساخته‌شده با چسب به‌همراه پیچ نشان داد که شکست در اتصالات ساخته‌شده با چسب PVAC با قلیف تخته فیبر و تخته سه‌لا در قلیف‌ها اتفاق افتاد، اما در اتصالات ساخته‌شده با چسب PU شکست در اعضای اتصال دیده شد. این شکست‌ها نشان می‌داد که در سطح اتصال فارسی چسبندگی خوبی با PVAC ایجاد نشده بود، اما در اتصالات ساخته‌شده با PU به‌همراه پیچ، هیچ‌کدام از اتصالات در ناحیه اتصال فارسی شکسته نشدند و شکست در اعضای اتصال اتفاق افتاد که توجیهی برای مقاومت زیاد اتصالات ساخته‌شده با پیچ و چسب PU است.

در عضو اتصال اتفاق افتاده بود، به‌طوری که شدت شکست در نمونه‌های با قلیف صنوبر بیشتر بود. نتایج نیز نشان داد که بیشترین مقاومت در اتصالات بدون پیچ مربوط به نمونه‌های ساخته‌شده با قلیف صنوبر با چسب PU بوده است. مشاهده می‌شود که شدت و مقدار سطح شکست در نمونه‌ها، بیانگر حد مقاومتی است که نمونه از خود نشان داده است. شکست‌های شکل ۶ نشان می‌دهند که در نمونه‌های اتصال ساخته‌شده با قلیف تخته لایه و تخته فیبر به‌همراه چسب PVAC و پیچ، شکست در قلیف اتفاق افتاد و به همین دلیل کمترین مقاومت در بین اتصالات ساخته‌شده با پیچ در این نمونه‌ها دیده شد. بیشترین مقاومت در نمونه‌های اتصال ساخته‌شده با چسب PVAC با پیچ و قلیف چوب صنوبر دیده شد که در آن شکست در عضو اتصال دیده شد. مقایسه مقاومت اتصالات ساخته‌شده با پیچ و چسب PU را می‌توان از روی میزان شکست دریافت، به‌طوری که هرچه شدت شکست و سطح شکسته شده بیشتر باشد، نمونه مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهد. بیشترین مقاومت در نمونه‌های ساخته‌شده با پیچ و چسب PU با قلیف صنوبر دیده شد که شکست در آنها، دوطرفه بود و در ناحیه اتصال به در هر دو عضو اتصال منتشر شده بود.

اختلاف بین مقاومت به لنگر خمشی در اتصالات ساخته‌شده با قلیف تخته فیبر و تخته سه‌لا به‌همراه چسب بدون پیچ کم است. به‌طوری که اگر به گروه‌بندی دانکن آنها توجه شود، اختلاف آماری معنی‌داری بین آنها وجود ندارد. وقتی اتصال با چسب به‌همراه پیچ ساخته می‌شود، به‌دلیل تنش برشی ایجادشده روی پیچ، اهمیت مقاومت تکیه‌گاهی زیاد می‌شود. از آنجا که مقاومت تکیه‌گاهی تخته فیبر به‌دلیل دانسیته بیشتر آن زیادتر است، مقاومت بهتری از خود نشان داده است. چنانکه مشاهده می‌شود بین اتصالات ساخته‌شده با قلیف تخته سه‌لا و تخته فیبر با چسب به‌همراه پیچ اختلاف آماری معنی‌داری وجود دارد.

در نزدیک سطوح رخ داده است، به طوری که نیرو از محل اتصال‌دهنده در ضخامت به سطوح متمرکز شده است که دانسیته بیشتری دارد. اما در نمونه برش‌داده شده با CNC شکست همزمان در ناحیه مغز و سطوح رخ می‌دهد. مقایسه دقیق‌تر شکست اتصالات ساخته شده با چسب به همراه پیچ با قاب کامل نشان داد که شکست در قاب کامل و اتصالات ساخته شده با قلیف تخته فیبر و تخته سه‌لا در یک عضو است، اما در اتصال با قلیف چوبی شکست در هر دو عضو اتصال انتشار می‌یابد که بیانگر مقاومت زیاد آن است.

از طرف دیگر نتایج جدول ۲ نشان داد که مقاومت اتصالات ساخته شده با قلیف چوب صنوبر و تخته فیبر با چسب PU به همراه پیچ از حتی نمونه بریده شده با CNC بدون اتصال (قاب کامل) بیشتر بود. این موضوع نیز با مشاهده دقیق شکست آنها توجیه پذیر است. پراکنش دانسیته در ضخامت MDF یکنواخت نیست و گرادیان دانسیته در آن از مغز به سطح تخته افزایش می‌یابد [۲۰،۲۱]. نگاهی دقیق‌تر به شکست در دو اتصال مذکور که مقاومت بیشتری داشتند نشان می‌دهد که شکست در آنها



نمونه برش شده با CNC



قلیف تخته چند لا با چسب PU بدون پیچ



قلیف تخته چند لا با چسب PVA بدون پیچ



قلیف تخته فیبر با چسب PU بدون پیچ



قلیف تخته فیبر با چسب PVA بدون پیچ



قلیف چوب صنوبر با چسب PU بدون پیچ



قلیف چوب صنوبر با چسب PVA بدون پیچ

شکل ۶. شکست در نمونه‌های اتصال با چسب بدون اتصال‌دهنده مکانیکی



شکل ۷. شکست در نمونه‌های اتصال با چسب به‌همراه پیچ به‌عنوان اتصال‌دهنده مکانیکی

### نتیجه‌گیری

آب، بخار آب و نوسان رطوبت نسبی محیط است. در اتصالات ساخته‌شده با چسب به‌همراه اتصال‌دهنده مکانیکی، اگر در طولانی‌مدت به هر دلیلی قاب از محل چسب شروع به باز شدن کند، اتصال‌دهنده مکانیکی از آن جلوگیری خواهد کرد. نکته مهم در مورد کاربرد چسب PU در ساخت اتصالات مبلمان چوبی و صفحه‌ای گرانروی چسب است. این چسب اگر با هاردنر به‌صورت فیزیکی به‌خوبی مخلوط شود، در لحظات اول روان است و اگر روی سطح ریخته شود به جریان می‌افتد که سبب انتقال چسب به بیرون از اتصال و نازک شدن خط چسب می‌شود، اما اگر مدتی صبر شود تا ویسکوزیته آن شبیه چسب PVAc شود، عملکرد خوبی از خود نشان می‌دهد؛ زیرا چسب PU با گذشت زمان با افزایش گرانروی افزایش حجم می‌دهد و در کل سطح اتصال چسبندگی ایجاد می‌کند. با توجه به نتایج تحقیق می‌توان گفت با در نظر گرفتن سهولت تأمین، مقاومت و هزینه می‌توان با قلیف صنوبر و یا تخته فیبر به‌همراه پیچ اتصالاتی حتی مقاوم‌تر از قاب کامل برش‌داده‌شده با CNC ساخت.

در این پژوهش اتصالات گوشه‌ای با قلیف از جنس تخته فیبر، تخته لایه و چوب صنوبر و چسب PVAc و PU با یا بدون پیچ به‌عنوان اتصال‌دهنده مکانیکی ساخته و مقاومت آنها با قاب کامل برش‌داده‌شده با دستگاه برش CNC مقایسه شد. امروزه برای غلبه بر شکستن قاب درهای شیشه‌ای کابینت‌ها از محل اتصال، قاب به‌صورت کامل با دستگاه برش CNC برش داده می‌شود، اما این روش دورریز بیشتری دارد. از این‌رو این تحقیق با هدف بررسی اتصالاتی برای رسیدن به مقاومت قاب کامل انجام گرفت. نتایج نشان داد که از متغیرهای بررسی‌شده، بیشترین تأثیر بر مقاومت اتصال به‌ترتیب مربوط به استفاده کردن یا استفاده نکردن از اتصال‌دهنده مکانیکی، جنس قلیف و سپس نوع چسب بود. نتایج و مشاهدات این تحقیق نشان داد که برای رسیدن به مقاومت قاب کامل باید از چسب PU به‌همراه اتصال‌دهنده مکانیکی برای ساخت اتصال فارسی برای قاب استفاده کرد. چسب PU افزون‌بر مقاومت مکانیکی بیشتر، دارای مقاومت در برابر

## References

- [1]. Eckelman, C.A. (2003) Textbook of product engineering and strength design of furniture. Purdue University, West Lafayette, Indiana: 65-67.
- [2]. Dalvand, M., Ebrahimi, G., Haftkhani, A.R., and Maleki, S. (2013) Analysis of factors affecting diagonal tension and compression capacity of corner joints in furniture frames fabricated with dovetail key. *Journal of Forestry Research*, 24 (1): 155-168.
- [3]. Altun, S., Burdurlu, E., and Kılıç, M. (2010) Effect of adhesive type on the bending moment capacity of miter frame corner joints. *BioResources*, 5 (3): 1473-1483.
- [4]. Maleki, S., Dalvand, M., Rostampour, H.A., and Faezipour, M. (2013) The effect of adhesive types and dovetail fitting height on stress carrying capacity of Miter Frame corner joints constructed of particle and Medium Density Fiberboard (MDF). *Journal of forest and wood products (jfwp) (iranian journal of natural resources)*, 66 (2): 203-214.
- [5]. Özkaya, K., Burdurlu, E., Ilce, A.C., and Ciiitcioghi, H. (2010) Diagonal tensile strength of an oriented strand-board (OSB) frame with dovetail corner joint. *BioResources*, 5 (4): 2690-2701.
- [6]. Taghiyari, H.R., Ghofrani, M., and Arbabi Ghamsari, F. (2016) Study on the tensile and compression tension-carrying capacity of corner V-nails. *IRANIAN JOURNAL OF WOOD AND PAPER SCIENCE RESEARCH*, 31 (4): 621-633.
- [7]. Derikvand, M., and Eckelman, C.A. (2015) Bending moment capacity of L-shaped mitered frame joints constructed of MDF and particleboard. *BioResources*, 10 (3): 5677-5690.
- [8]. Derikvand, M., and Ebrahimi, G. (2014) Strength performance of mortise and loose-tenon furniture joints under uniaxial bending moment. *Journal of Forestry Research*, 25 (2): 483-486.
- [9]. Omrani, P., Ebrahimi, G., and Kahvand, M. (2019) Investigating the stress carrying capacity of miter corner joints made with biscuit under diagonal tension and compression loading. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 10 (3): 323-336.
- [10]. Omrani, P., Ebrahimi, G., and Kahvand, M. (2020) The investigation of the affecting factors on withdrawal resistance of the wooden biscuit joints. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 11 (1): 121-131.
- [11]. Vassiliou, V., and Barboutis, I. Strength of furniture joints constructed with biscuits, pp. 1-6.
- [12]. Derikvand, M., Ebrahimi, G., and Tajvidi, M. (2014) A feasibility study of using two-component polyurethane adhesive in constructing wooden structures. *Journal of Forestry Research*, 25 (2): 477-482.
- [13]. Derikvand, M., and Pangh, H. (2016) A modified method for shear strength measurement of adhesive bonds in solid wood. *BioResources*, 11 (1): 354-364.
- [14]. Konnerth, J., Gindl, W., Harm, M., and Müller, U. (2006) Comparing dry bond strength of spruce and beech wood glued with different adhesives by means of scarf-and lap joint testing method. *Holz als Roh-und Werkstoff*, 64 (4): 269-271.
- [15]. Altinok, M., Huuml, H., and Sancak, E. (2009) Load carrying capacity of spline joints as affected by board and adhesives type. *Scientific research and essays*, 4 (5): 479-483.
- [16]. Maleki, S., Haftkhani, A.R., Dalvand, M., Faezipour, M., and Tajvidi, M. (2012) Bending moment resistance of corner joints constructed with spline under diagonal tension and compression. *Journal of Forestry Research*, 23 (3): 481-490.
- [17]. Tankut, A.N., and Tankut, N. (2009) Investigations the effects of fastener, glue, and composite material types on the strength of corner joints in case-type furniture construction. *Materials & Design*, 30 (10): 4175-4182.
- [18]. BSI. (2020) BS EN 310: Wood-based panels. Determination of modulus of elasticity in bending and bending strength. *Journal (Issue)*.
- [19]. Qiao, L., and Easteal, A.J. (2001) Aspects of the performance of PVAc adhesives in wood joints. *Pigment & Resin Technology*, 30 (2): 79-87.

- [20]. Moazami, V., Afsoni, F., Dadashi, S., and Dadashi, E. (2017) Evaluation the mechanical properties of medium density fiber board of domestic production and imported with help of vertical density profile, infrared rays, Spectroscopy and imagine analyses (case study of Arian Sina Co). IRANIAN JOURNAL OF WOOD AND PAPER SCIENCE RESEARCH, 32 (1): 145-156.
- [21]. Farajollahpour, M., Hatefnia, H., Dorieh, A., Valizadeh Kiamahalleh, M., and Afrouzi, Y.M. (2022) Research on Medium density fiberboard (MDF) behavior against screw axial withdrawal: Impact of density and operational variables. Structures, 39: 194-206.

## The effect of spline material, adhesive type, and screw on bending moment capacity of the mitered frame corner joints made of medium-density fiberboard (MDF) under diagonal tension

**A. Rostampour Haftkhani\***; Assoc., Prof., of Wood Science and Technology, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, I.R. Iran

**F. Hajializadeh**; BSc Student of Wood Science and Technology, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, I.R. Iran

**M. Arabi**; Assist., Prof., Department of Wood Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, Zabol, I.R. Iran

(Received: 15 March 2022, Accepted: 02 May 2022)

### ABSTRACT

Cabinet's doors are usually made of medium-density fiberboard (MDF) as mitered frames connected with wooden dowels, biscuits, spline, or plastic keys with adhesive. Because of its rapidly curing and working, cyanoacrylate adhesive is usually used to connect frame members, but they separate after a while due to its brittle fracture, which is an unusual joining method. Therefore, this study was aimed to investigate the effects of Spline material (plywood, fiberboard, and poplar wood), type of adhesive (polyurethane (PU), and Polyvinyl acetate (PVAc)) with and without a mechanical fastener such as screw on the bending moment capacity of the mitered frame corner joints under diagonal tensile, then compared with frames cut with CNC. Loading was applied with a Hounsfield 0308 testing machine with a loading rate of 5 mm/min. The results showed that the changing of the spline materials, adhesive types, and mechanical fastener resulted in 79.2%, 69.1%, and 131.7% change in the strength of the joints, respectively. The least bending moment was observed in joints made with plywood spline and PU adhesive without any screw; on the contrary, the highest bending moment was related to both joints made with fiberboard and poplar spline with PU adhesive and screws (50.83 and 48.48 N.m, respectively). Late two mentioned joints tolerated higher bending moments than the CNC cut MDF frames (12.4% and 7.6%, respectively). Therefore, all frames are necessary to use spline with PU adhesive as well as screws to make the frame, to reduce the MDF offcuts caused by CNC cutting.

**Keywords:** MDF frame, polyurethane adhesive, Polyvinyl acetate, screw, Spline.

---

\* Correspond Author: Email: arostampour@uma.ac.ir, Tel: +98 9124795234