

نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۵/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۲۰

ص ۳۴۷-۳۵۷

تأثیر رطوبت نسبی و درجه حرارت بر مؤلفه‌های خزشی تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF)

- ❖ مصطفی ابراهیمی؛ کارشناس ارشد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
- ❖ سعید کاظمی نجفی؛ دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
- ❖ ربیع بهروز اشکیکی؛ دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

چکیده

در این پژوهش، رفتار خزشی تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) تحت شرایط رطوبت نسبی و دماهای مختلف بررسی شد. بدین سبب، آزمون خزش خمشی در دو سطح بارگذاری ۱۵ و ۳۰ درصد بار شکست خمشی نمونه‌ها (بار شکست به دست آمده از آزمون خمش استاتیک) انجام شد. نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در رطوبت‌های نسبی (RH) ۴۵، ۶۵ و ۸۵ درصد و دماهای ۱۵، ۲۳، و ۳۰ درجه سانتی‌گراد تحت بارگذاری قرار گرفتند. بررسی نتایج نشان داد که با افزایش دما و رطوبت نسبی میزان خزش نسبی و خیز نهایی نمونه‌ها افزایش یافت، در حالی که مدول خزشی کاهش پیدا کرد که در رطوبت نسبی و دمای بالاتر و همچنین سطح بارگذاری بالاتر، این تغییرات بیشتر است. خزش نسبی به رطوبت نسبی در مقایسه با دما حساسیت بیشتری دارد. برعکس، دما در مقایسه با رطوبت نسبی بر مدول خزشی بیشتر تأثیر دارد که در سطح بارگذاری بالاتر این تغییرات بیشتر است.

واژگان کلیدی: تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF)، خزش، درجه حرارت، رطوبت نسبی، سطح بارگذاری.

مقدمه

صفحات فشرده چوبی مانند تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) از فرآورده‌های جدید و پرکاربرد چوب است که ساختاری همگن، سطوحی صاف، و لبه‌های فشرده و متراکم دارد. این فرآورده مانند چوب ماسیو قابلیت برش و ماشین‌کاری دارد و از نظر کاربردی و مهندسی دارای ویژگی‌های مطلوبی است. این مزایای نسبی باعث شده است که در سال‌های اخیر تولید جهانی MDF به‌نحو محسوسی افزایش یابد و به‌طور گسترده در تولید انواع کابینت، مبلمان، قفسه‌ها، و سایر محصولات استفاده شود.

از مشخصه‌های مهم و اصلی چندسازه‌های چوبی مانند MDF که کاربرد آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد رفتار وابسته به زمان (خزش) آن‌هاست. به‌طور کلی، تغییر شکل وابسته به زمان محصول زیر بار ثابت به‌عنوان خزش شناخته می‌شود. اگر این تغییر شکل شدید باشد، نه تنها سازه از نظر ظاهری دچار مشکل می‌شود، بلکه ممکن است باعث شکست در آن و منجر به حادثه شود. بنابراین، در بارگذاری کوتاه‌مدت و بلندمدت، در نظر گرفتن خزش و گسیختگی خزش چندسازه‌های چوبی امری اجتناب‌ناپذیر است و طراحی مهندسی باید بر اساس حد گسیختگی در خزش همراه با پیش‌بینی دقیق آن انجام شود [۱].

MDF مانند چوب ماسیو، وقتی در شرایط مختلف کاربرد (از نظر دما و رطوبت) قرار می‌گیرد تغییراتی در خواص آن بروز می‌کند. مثلاً جذب رطوبت تأثیر منفی بر مقاومت اتصالات بین الیاف دارد و موجب تغییر ضخامت و کاهش مقاومت‌های تخته می‌شود [۲]. از طرف دیگر، در ساخت MDF اغلب از چسب اوره فرمالدئید به‌دلیل واکنش‌پذیری بالا، هزینه پایین، سهولت استفاده در طیف گسترده‌ای از شرایط انعقاد، انحلال‌پذیری در آب، و چسبندگی

خوب با چوب استفاده می‌شود [۳] که این چسب نیز به رطوبت و دما حساس است [۳، ۴]. بنابراین، بررسی نحوه تأثیرگذاری رطوبت و دما بر رفتار خزشی MDF به کاربرد بهینه و مؤثرتر این چندسازه مهم و پرمصرف چوبی منجر می‌شود.

محققان مختلفی رفتار خزشی چندسازه‌های چوبی را ارزیابی کرده‌اند. نیک‌رای و همکاران (۲۰۱۰) رفتار خزش - بازگشت تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) و تخته خرده‌چوب با چندسازه آرد چوب - پلی پروپیلن را مقایسه کردند و نشان دادند که MDF و تخته خرده‌چوب در مقایسه با چندسازه آرد چوب - پلی پروپیلن ضریب خزش و خزش نسبی کمتری دارد؛ در حالی که درصد بازگشت تغییر شکل در این مواد بیشتر است. درصد کاهش مدول خزشی نیز در پایان خزش در MDF و تخته خرده‌چوب نسبت به آرد چوب - پلی پروپیلن کمتر است [۵]. همچنین، بررسی مقایسه‌ای که بر انواع مختلف چندسازه‌های چوبی تحت شرایط محیطی خشک و سطح بارگذاری پایین انجام شده، نشان می‌دهد که خزش نسبی MDF در مقایسه با تخته خرده‌چوب، تخته لایه، و چوب ماسیو بیشتر است [۶].

در بسیاری از شرایط، محصولات ساخته‌شده از چندسازه‌های چوبی در معرض بار و شرایط محیطی قرار می‌گیرند که شکل آن‌ها را به‌طور چشمگیری تغییر می‌دهد [۷]. چو (۱۹۷۰) رفتار الاستیک و غیرالاستیک تخته خرده‌چوب‌های تجاری روکش‌شده با لایه‌های نازک از چوب گردو در ضخامت‌های مختلف را بررسی کرد و نشان داد که مقاومت خزشی تخته خرده‌چوب روکش‌شده به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد. او همچنین نشان داد در رطوبت‌های نسبی بالاتر از ۶۵ درصد، میزان خزش تخته خرده‌چوب ۲ تا ۴ برابر افزایش می‌یابد [۸]. چو در

ژو و همکاران (۲۰۱۲) اثر دما بر رفتار خمشی MDF را بررسی و بیان کردند که افزایش دما سبب کاهش مدول گسیختگی (MOR) و مدول الاستیسیته (MOE) می‌شود [۱۴]. اوزارسکا و هریس (۲۰۰۷) نشان دادند که میزان خزش MDF روکش شده در مقایسه با روکش نشده - وقتی در معرض رطوبت قرار می‌گیرند - کاهش می‌یابد [۱۵].

بنابراین، با توجه به اینکه MDF در ساخت محصولات بی‌کار می‌رود که موضوع خزش آن تحت تأثیر بار ثابت، دما، و رطوبت بنا بر مورد کاربردی مطرح است و مقایسه نسبی اثر بارگذاری بر خزش چندسازه‌ها می‌تواند حدود تفاوت بین آن‌ها را برای در نظر گرفتن در فاز محاسباتی طراحی به دست دهد و همچنین با توجه به اینکه اطلاعات بسیار محدودی در رابطه با اثر دما و رطوبت بر پارامترهای مختلف خزشی MDF در سطوح مختلف بارگذاری و اثر توأم آن‌ها موجود است، این پژوهش با هدف ارزیابی اثر دما و رطوبت در سطوح مختلف بارگذاری بر رفتار خزشی MDF و اثر توأم این متغیرها انجام شده است.

مواد و روش‌ها

مواد

تخته فیبر با دانسیته متوسط به کار رفته در این تحقیق از یک تولیدکننده داخلی تهیه شد که مشخصات آن در جدول ۱ آورده شده است.

مطالعه دیگری (۱۹۸۰) گزارش کرد که مقاومت خمشی MDF پوشش داده شده با روکش بلوط قرمز بهبود می‌یابد و این افزایش مقاومت خمشی نسبت به تخته خرده چوب و چوب‌های فشاری روکش شده بیشتر است [۹]. نتایج مطالعات چو (۱۹۸۲) همچنین نشان می‌دهد که رطوبت نسبی تأثیر معنی‌داری بر تغییر شکل خزشی MDF روکش شده با روکش‌های افرای قندی دارد [۱۰].

فرناندز و دیزبارا (۱۹۹۲) اثر روکش‌های آغشته به چسب ملامینه را بر رفتار خزشی تخته خرده چوب ساخته شده با چسب UF بررسی و گزارش کردند که استفاده از این پوشش سبب کاهش خزش نسبی و طولانی شدن مدت خزش می‌شود [۱۱]. هالیگان و اچنیویند (۱۹۷۲) اثر رطوبت روی خواص فیزیکی و رفتار خزشی تخته خرده چوب آزمایشگاهی را ارزیابی کردند و نشان دادند که خزش نسبی در شرایط رطوبتی مختلف تغییر می‌کند و با افزایش رطوبت نسبی و متعاقب آن افزایش رطوبت تخته خرده چوب میزان خزش نسبی افزایش می‌یابد [۱۲]. چو (۱۹۷۹) تغییر شکل خزشی MDF روکش شده در سطح بارگذاری ۲۰ درصد و رطوبت نسبی (RH) مختلف را بررسی کرد و به این نتیجه رسید که افزایش رطوبت نسبی از ۵۰ به ۶۴ درصد به میزان کمی بر تغییر شکل خزشی اثر دارد؛ در حالی که افزایش رطوبت از ۶۴ به ۷۸ یا ۹۲ درصد به طور چشمگیر بر تغییر شکل خزشی اثر می‌گذارد [۱۳].

جدول ۱. مشخصات تخته فیبر مورد مطالعه

نوع چسب	نسبت فرمالدئید به اوره	مصرف چسب	دانسیته اسمی تخته	ضخامت اسمی تخته	نوع ماده اولیه
	(F:U)	(%)	(kg/m ³)	(mm)	
اوره فرمالدئید	۱: ۱/۳	۱۲	۷۳۰-۷۴۰	۱۶	مخلوط گونه‌های جنگلی و باغی

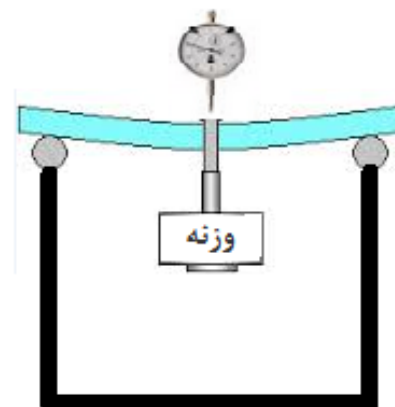
روش‌ها

آزمون خمش سه نقطه‌ای

آزمون خمش سه نقطه‌ای مطابق آیین‌نامه ۹۹-۱۰۳۷ D استاندارد ASTM برای اندازه‌گیری بار شکست خمشی نمونه‌ها انجام گرفت [۱۶]. این آزمون به کمک ماشین آزمون مکانیکی (DARTEC) با سرعت بارگذاری ۷/۶ mm/min برای ۵ نمونه از هر تخته انجام شد.

آزمون خزش

این آزمون با استفاده از تجهیزات خیز خمش سه نقطه‌ای مطابق آیین‌نامه ۰۴-۶۸۱۵ D استاندارد ASTM [۱۷]، در دو سطح بارگذاری (۱۵ و ۳۰ درصد از بار شکست خمشی نمونه‌ها) برای ۵ نمونه از هر تخته انجام شد. نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت به وسیله تجهیزات اندازه‌گیری خزش خمشی در رطوبت‌های نسبی (RH) ۶۵،۴۵ و ۸۵ درصد و دماهای ۱۵، ۲۳ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد مطابق شکل ۱ تحت بارگذاری قرار گرفتند. تجهیزات اندازه‌گیری خزش خمشی شامل یک قاب فلزی با طول دهانه قابل تغییر است که برای اعمال رطوبت نسبی و دمای مورد نظر در داخل ژرمیناتور قرار گرفت.



شکل ۱. نحوه آزمون خیز خمشی سه نقطه‌ای

برای اعمال رطوبت نسبی و دمای مورد نظر از ژرمیناتور ساخت شرکت نور صنعت فردوس با دقت دمایی ۰/۵ درجه سانتی‌گراد و دقت رطوبتی ۱ درصد استفاده شد. میزان جابه‌جایی نیز در زمان‌های مختلف با استفاده از Dial Indicator با دقت ۰/۰۰۱ mm در وسط طول دهانه اندازه‌گیری شد. در آزمون خزش پارامترهای مختلفی اندازه‌گیری و گزارش شد که این پارامترها عبارت‌اند از:

خیز آنی: مقدار تغییر شکل، یک دقیقه بعد از بارگذاری.

خیز نهایی: مقدار تغییر شکل، ۷۲ ساعت بعد از بارگذاری.

خزش نسبی: عبارت است از خزش به‌عنوان درصدی از تغییر شکل آنی که طبق معادله ۱ محاسبه شد: رابطه (۱)

$$R_c = (J_t - J_0) \times 100 / J_0 (1)$$

R_c خزش نسبی (درصد)، J_t خیز در لحظه t (mm)، و J_0 خیز آنی (mm) است.

مدول خزشی: نسبت بین تنش ثابت و تغییر شکل وابسته به زمان، مدول خزشی نامیده می‌شود. برای تعیین مدول خزشی از استاندارد ISO 6602 [۱۸] و برای محاسبه آن از معادله ۲ استفاده شد. رابطه (۲)

$$E_t = (L^3 F) / (4 b h^3 J_t)$$

E_t مدول خزشی در لحظه t (MPa)، L طول دهانه (mm)، F نیرو (N)، b پهناي نمونه (mm)، h ضخامت نمونه (mm)، و J_t خیز در لحظه t (mm) است.

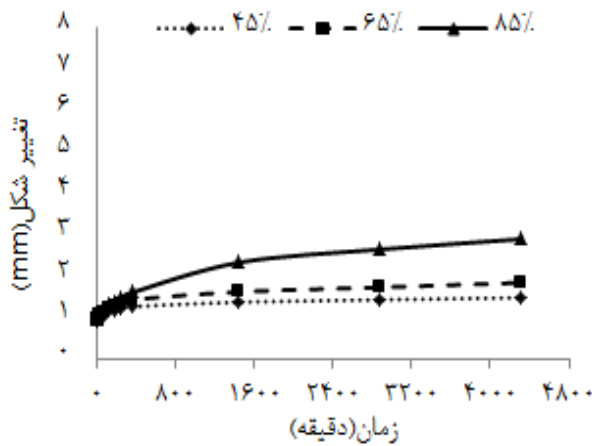
نتایج و بحث

اثر رطوبت بر متغیرهای خزشی آزمونی

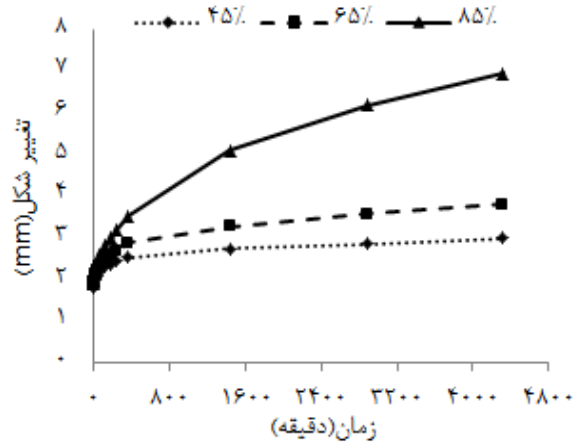
در شکل ۲، منحنی تغییر شکل MDF تحت شرایط رطوبتی مختلف (۴۵ درصد، ۶۵ درصد، و ۸۵ درصد)

افزایش می‌یابد. پارامترهای مختلف مربوط به خیز شامل خیز آنی، خیز نهایی، خزش نسبی، و مدول خزشی نیز از شکل ۱ استخراج شده است که به هریک از آن‌ها به‌طور جداگانه پرداخته می‌شود.

در سطوح بارگذاری ۱۵ و ۳۰ درصد در دمای ثابت 23°C نشان داده شده است. با افزایش رطوبت نسبی میزان تغییر شکل افزایش می‌یابد. همچنین، میزان تغییر شکل به سطح بارگذاری حساس است و با افزایش سطح بارگذاری، مقدار آن به‌طور محسوسی



الف



ب

شکل ۲. جابه‌جایی تخته‌های بارگذاری شده در رطوبت‌های نسبی مختلف و دمای ثابت 23°C : الف) سطح بارگذاری ۱۵ درصد، ب) سطح بارگذاری ۳۰ درصد

خرده‌چوب را به‌طور چشمگیر افزایش می‌دهد که این تغییرات در رطوبت‌های نسبی بالاتر از ۶۵ درصد بیشتر است [۸، ۱۳]. جدول ۲ همچنین نشان می‌دهد با افزایش رطوبت نسبی از ۴۵ به ۶۵ و ۸۵ درصد، تغییر شکل خزشی به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد که در سطح بارگذاری بالاتر این تغییرات ناشی از رطوبت به‌ویژه در رطوبت نسبی بالاتر از ۶۵ درصد بیشتر است.

خیز آنی و نهایی

سطح رطوبت اثر محسوسی بر خیز آنی ندارد و با افزایش رطوبت نسبی از ۴۵ به ۶۵ و ۸۵ درصد، خیز آنی به مقدار کمی افزایش می‌یابد. خیز نهایی برعکس خیز آنی به تغییرات رطوبت حساس است و با افزایش رطوبت نسبی مقدار آن به‌طور چشمگیری افزایش یافت (جدول ۲). نتایج چونی‌نشان داد افزایش رطوبت نسبی میزان تغییر شکل خزشی تخته

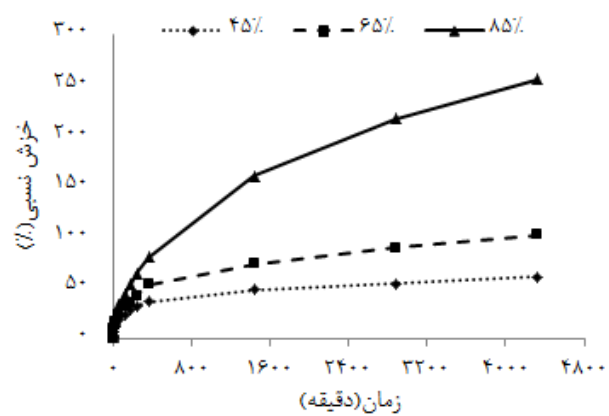
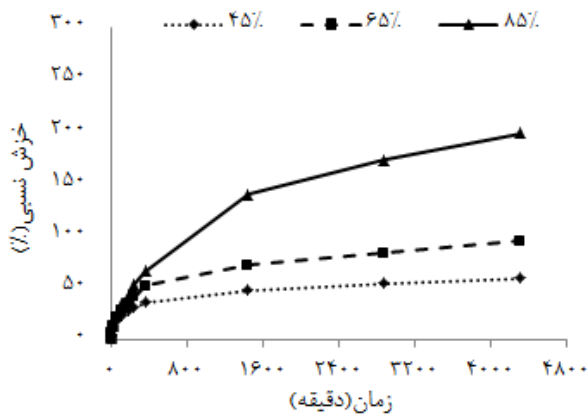
جدول ۲. اثر رطوبت بر خیز آنی و نهایی در تیمارهای مورد مطالعه در دمای ثابت 23°C

رطوبت نسبی (%)	سطح بارگذاری (%)	خیز آنی (mm)	خیز نهایی (mm)
۴۵	۱۵	۰/۹۳	۱/۴۷
	۳۰	۱/۸۵	۳
۶۵	۱۵	۰/۹۴	۱/۸۳
	۳۰	۱/۸۸	۳/۸۲
۸۵	۱۵	۰/۹۷	۲/۸۹
	۳۰	۱/۹۵	۶/۹۵

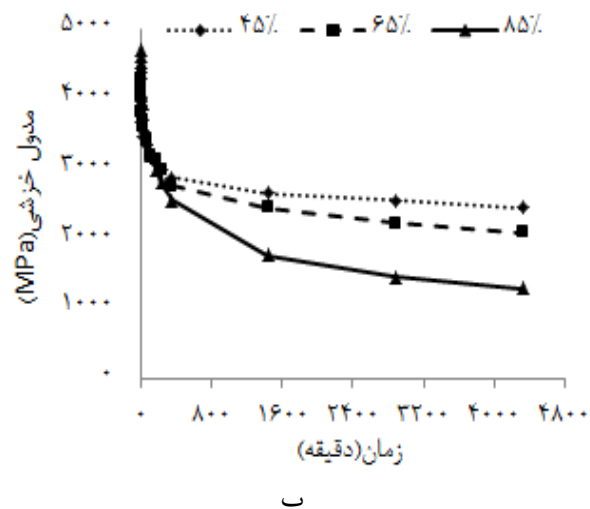
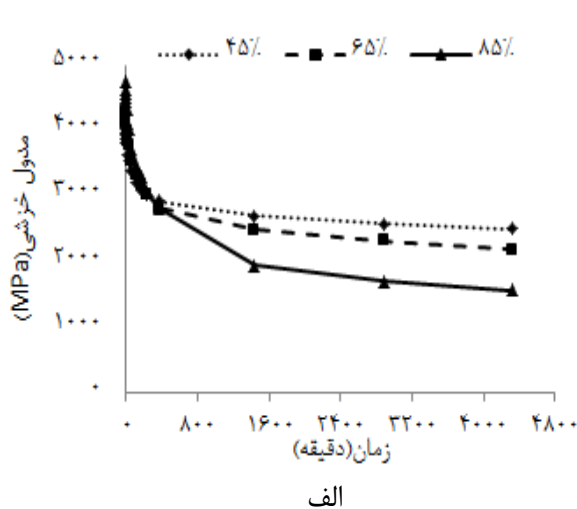
خزخ نسبی و مدول خزشی

منحنی خزخ نسبی و مدول خزشی نمونه‌ها در طول زمان بارگذاری در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. به طور کلی، برای مقایسه مشاهدات تجربی مربوط به رفتار خزخ مواد و تأثیر عوامل مختلف، بهتر است از پارامتر خزخ نسبی استفاده شود. با افزایش رطوبت نسبی، میزان خزخ نسبی به طور چشمگیری افزایش می‌یابد و در رطوبت بالاتر از ۶۵ درصد افزایش بیشتری مشاهده می‌شود. در سطح بارگذاری ۱۵ درصد، با افزایش رطوبت از ۴۵ به ۶۵ و ۸۵ درصد،

خزخ نسبی به ترتیب ۶۰ و ۲۴۰ درصد و در سطح بارگذاری ۳۰ درصد، به ترتیب ۶۶ و ۳۱۵ درصد افزایش یافت که نشان می‌دهد در سطح بارگذاری بالاتر این تغییرات ناشی از رطوبت بیشتر است. هالیگان و اچنیوایند نیز نشان دادند که با افزایش رطوبت نسبی، میزان خزخ نسبی تخته خرده‌چوب افزایش می‌یابد که به افزایش واکنشیدگی ضخامت و افزایش رطوبت نمونه‌ها در طول بارگذاری مربوط می‌شود [۱۲].



شکل ۳. منحنی خزخ نسبی در رطوبت‌های مختلف و دمای ثابت 23°C : الف) سطح بارگذاری ۱۵ درصد، ب) سطح بارگذاری ۳۰ درصد



شکل ۴. منحنی مدول خزشی در رطوبت‌های مختلف و دمای ثابت 23°C : الف) سطح بارگذاری ۱۵ درصد، ب) سطح بارگذاری ۳۰ درصد

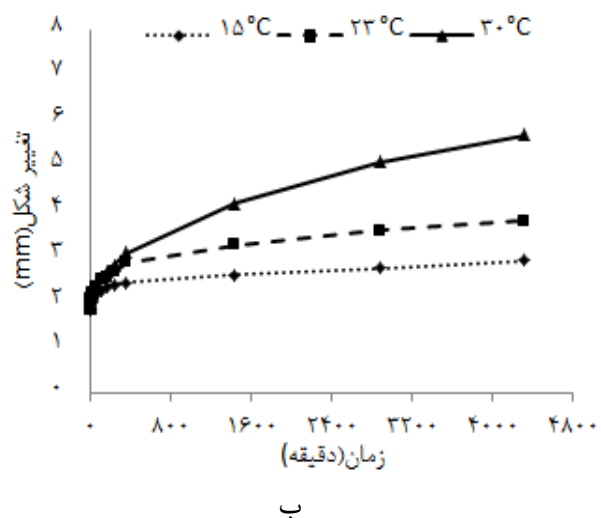
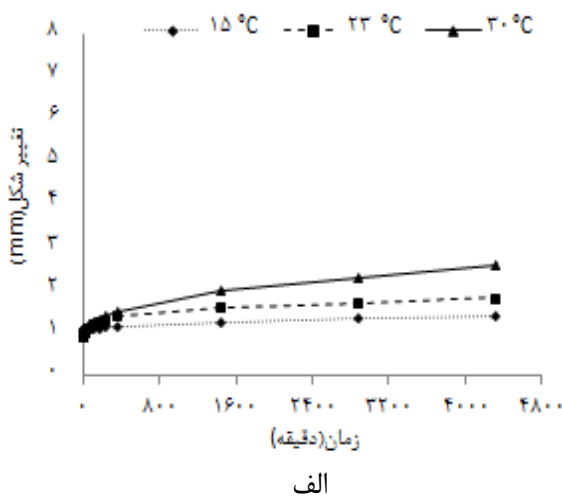
این امر موجب کاهش دانسیته پیوند عرضی می‌شود [۲۰]. همچنین، بر اثر تنش اعمال شده، جابه‌جایی بین فیبرها و پلیمرهای آنها اتفاق می‌افتد. از طرف دیگر، هیدرولیز اتصالات با تنش‌های ناشی از واکنشیدگی الیاف و بارگذاری که سبب شکستن پیوند کووالانسی می‌شود در ارتباط است. بنابراین، تخریب اتصالات بر اثر هیدرولیز و شکستن پیوند کووالانسی تحت ترکیب تنش اعمال می‌شود و افزایش رطوبت سبب جابه‌جایی و تغییر شکل نمونه‌ها می‌شود [۲۱]. به همین دلیل، سطح بارگذاری در رطوبت‌های بالاتر به‌طور مؤثرتر بر جابه‌جایی و تغییر شکل تخته‌ها اثر می‌گذارد.

اثر دما بر متغیرهای خزشی آزمونی

منحنی تغییر شکل تیمارها تحت شرایط دمایی مختلف (15°C ، 23°C ، و 30°C) در دو سطح بارگذاری ۱۵ و ۳۰ درصد و در رطوبت ثابت ۶۵ درصد در شکل ۴ نشان داده شده است. با افزایش دما، میزان تغییر شکل افزایش می‌یابد که در سطح بارگذاری بالاتر این تغییرات بیشتر است. پارامترهای مختلف مربوط به خیز نیز از شکل ۵ استخراج شده است که به هریک از آنها پرداخته می‌شود.

برعکس خزش نسبی، مدول خزشی با افزایش رطوبت کاهش یافت که در سطح بارگذاری بالاتر این تغییرات بیشتر است. در سطح بارگذاری ۱۵ درصد، با افزایش رطوبت از ۴۵ به ۶۵ و ۸۵ درصد، مدول خزشی به ترتیب ۱۲ و ۳۷ درصد و در سطح بارگذاری ۳۰ درصد، به ترتیب ۱۴ و ۴۷ درصد کاهش یافت. همچنین، مدول خزشی وابسته به زمان است و با گذشت زمان کاهش می‌یابد که این تغییرات در رطوبت و سطح بارگذاری بالاتر بیشتر است.

بنابراین، طبق نتایج این بررسی، با افزایش رطوبت نسبی میزان خزش نسبی و خیز نهایی نمونه‌ها افزایش و مدول خزشی کاهش یافت که می‌توان آن را به دو صورت توضیح داد: ۱. رطوبت سبب کاهش صلبیت (مدول الاستیسیته) و افزایش انعطاف‌پذیری در مواد مرکب چوبی نظیر تخته فیبر می‌شود [۱۹، ۲۰]. ۲. تخریب اتصالات به دلیل جذب رطوبت. در واقع، با افزایش رطوبت نسبی میزان رطوبت تخته‌ها (شاهد و بارگذاری شده) نیز افزایش می‌یابد. رطوبت تخته سبب تضعیف اتصالات چسب با الیاف و افزایش تنش‌های ناشی از هیدرولیز اتصالات، هم‌کشیدگی، و واکنشیدگی الیاف می‌شود که



شکل ۵. جابه‌جایی تخته‌های بارگذاری شده در دماهای مختلف و رطوبت ثابت ۶۵ درصد: الف) سطح بارگذاری ۱۵ درصد، ب) سطح بارگذاری ۳۰ درصد

جدول ۳. اثر دما بر خیز آنی و نهایی در تیمارهای مورد مطالعه در رطوبت ثابت ۶۵ درصد

خیز نهایی (mm)	خیز آنی (mm)	سطح بارگذاری (درصد)	دما (°C)
۱/۴۳	۰/۹۲	۱۵	۱۵
۲/۹۴	۱/۸۵	۳۰	۲۳
۱/۸۳	۰/۹۴	۱۵	۲۳
۳/۸۲	۱/۸۹	۳۰	۳۰
۲/۶	۰/۹۴	۱۵	۳۰
۵/۷۱	۱/۸۹	۳۰	۳۰

خیز آنی و نهایی

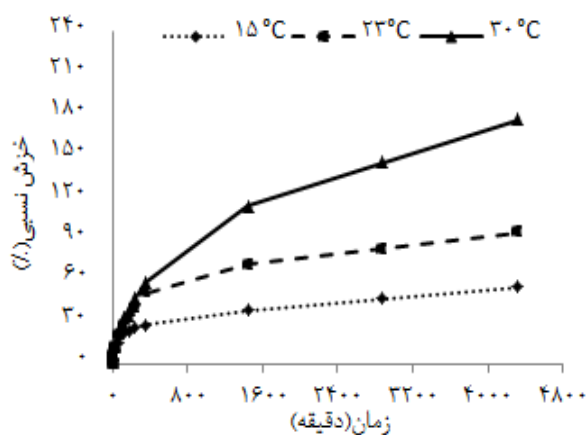
در جدول ۳، خیز آنی و نهایی تیمارهای مورد مطالعه در دماهای مختلف نشان داده شده است. دما اثر چشمگیری بر خیز آنی ندارد و با افزایش دما از ۱۵ به ۲۵ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد، خیز آنی به مقدار کمی تغییر می‌یابد؛ در حالی که با افزایش دما، میزان خیز نهایی به‌طور چشمگیر افزایش می‌یابد.

خزش نسبی و مدول خزشی

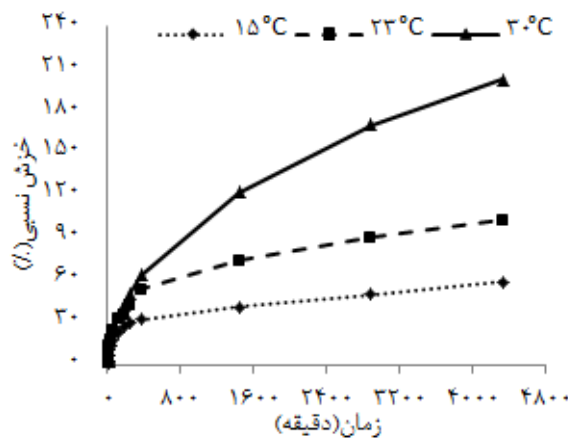
در شکل ۶ و ۷، منحنی خزش نسبی و مدول خزشی نمونه‌ها در طول زمان بارگذاری نشان داده شده است. افزایش دما از ۱۵ به ۲۳ درجه سانتی‌گراد به میزان کمی بر خزش نسبی و مدول خزشی اثر می‌گذارد. در حالی که دما وقتی از ۲۳ به ۳۰ درجه

سانتی‌گراد می‌رسد به‌طور چشمگیری بر خزش نسبی و مدول خزشی تأثیر می‌گذارد که در سطوح بارگذاری بالاتر این تغییرات ناشی از دما بیشتر است. در سطح بارگذاری ۱۵ درصد، با افزایش دما از ۱۵ به ۲۳ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد، خزش نسبی به ترتیب ۷۰ و ۲۱۸ درصد و در سطح بارگذاری ۳۰ درصد، به ترتیب ۷۴ و ۲۴۳ درصد افزایش یافت.

مانند اثر رطوبت، مدول خزشی با افزایش دما و گذشت زمان کاهش یافته است و در سطح بارگذاری ۱۵ درصد، با افزایش دما از ۱۵ به ۲۳ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد، مدول خزشی به ترتیب ۲۷ و ۵۵ درصد و در سطح بارگذاری ۳۰ درصد، به ترتیب ۲۸ و ۵۸ درصد کاهش یافت که نشان می‌دهد در سطح بارگذاری بالاتر، این تغییرات ناشی از دما کمی بیشتر است.

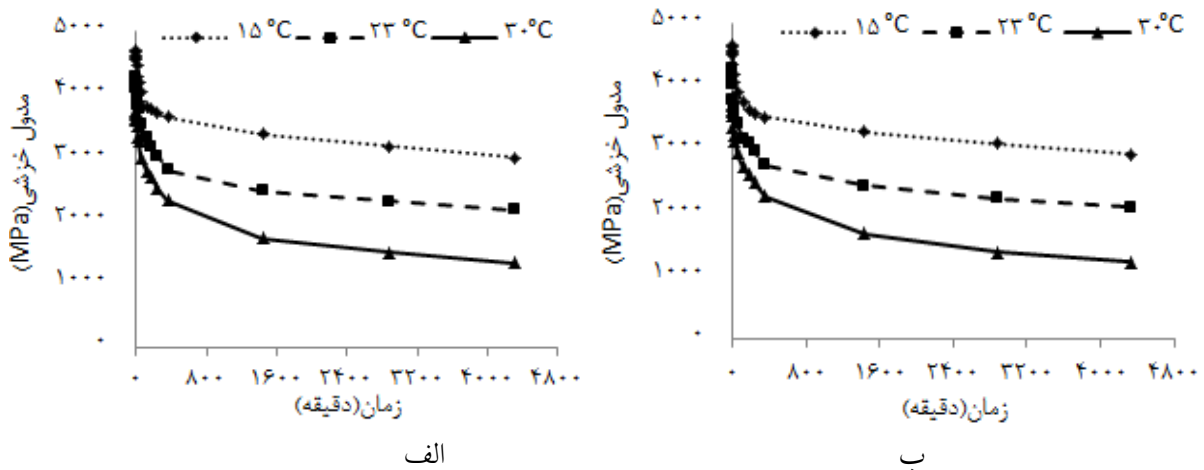


الف



ب

شکل ۶. منحنی خزش نسبی در دماهای مختلف و رطوبت ثابت ۶۵ درصد: الف) سطح بارگذاری ۱۵ درصد، ب) سطح بارگذاری ۳۰ درصد



شکل ۷. منحنی مدول خزشی در دماهای مختلف و رطوبت ثابت (۶۵ درصد: الف) سطح بارگذاری ۱۵ درصد، (ب) سطح بارگذاری ۳۰ درصد

بالاتر، تغییرات ناشی از دما و رطوبت نسبی بیشتر بود. همچنین، مدول خزشی وابسته به زمان است و با گذشت زمان کاهش یافت که این تغییرات در رطوبت، دما، و سطح بارگذاری بالاتر بیشتر است.

بررسی نتایج نشان می‌دهد که در یک زمان ثابت ۴۳۲۰ دقیقه و سطح تنش ۱۵ و ۳۰ درصد، وقتی رطوبت نسبی در یک حالت ثابت به حدود دو برابر افزایش یافت، خزش نسبی به ترتیب $3/4$ و $4/2$ برابر افزایش و مدول خزشی به ترتیب $1/6$ و $1/9$ برابر کاهش پیدا کرده است. در حالی که وقتی دما به دو برابر دمای اولیه در یک حالت ثابت رسید، خزش نسبی به ترتیب $3/2$ و $3/5$ برابر افزایش و مدول خزشی به ترتیب $2/2$ و $2/4$ کاهش یافت. بنابراین، با اینکه با افزایش دما، خزش نسبی نیز افزایش می‌یابد، میزان خزش نسبی به رطوبت در مقایسه با دما حساسیت بیشتری دارد که در سطح بارگذاری بالاتر این اختلاف بیشتر است. برعکس خزش نسبی، دما بر مدول خزشی بیشتر تأثیر دارد و این تغییرات ناشی از دما در مقایسه با اثر رطوبت چشمگیرتر است.

دما نیز مانند رطوبت نسبی سبب افزایش خزش نسبی و خیز نهایی نمونه‌ها و کاهش مدول خزشی می‌شود. در واقع، تأثیر بالا رفتن دما بر رزین UF در حضور رطوبت (رطوبت بیشتر از ۸ درصد)، آغاز و سپس موجب تسریع تخریب شیمیایی رزین می‌شود. این فرایند، که تخریب هیدرولیتیک نام دارد، شامل گسستگی اتصالات‌های عرضی در چسب پرورده توسط مولکول‌های آب است. هنگامی که رزین UF در تخته به کار می‌رود، این فرایند ابتدا سبب افزایش ضخامت و سپس، افت کامل استحکام می‌شود [۲۲]. از طرف دیگر، دما سبب کاهش صلیبیت (مدول الاستیسیته) [۱۱] و افزایش ضریب نفوذ، تبخیر، و سرعت واکنش شیمیایی می‌شود که این امر به تشدید هیدرولیز اتصالات چسب می‌انجامد [۲۳].

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، رفتار خزشی تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) تحت شرایط رطوبت نسبی و دماهای مختلف بررسی شد. نتایج این بررسی نشان داد که با افزایش دما و رطوبت نسبی، میزان خزش نسبی و خیز نهایی نمونه‌ها افزایش یافت؛ در حالی که مدول خزشی کاهش پیدا کرد. در سطح بارگذاری

References

- [1]. Mostafazadeh Marzenaki, M., KazemiNajafi, S., Chaharmahali, M., and Hajihassani, R. (2009). Study behavior creep composites made mixes particle board and medium density Fiber Board-Recycled from HDPE waste and effect water fiber board absorption on Composites. *Journal of Wood and Paper Science Research*, 24(2): 194-205.
- [2]. Doosthoseini, K. (2001). *Textbook of Wood Composite Materials*, University of Tehran Press, Tehran.
- [3]. Dunky, M. (1998). Urea-formaldehyde (UF) adhesive resins for wood. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 18(2): 95-107.
- [4]. Salthammer, T., Mentese, S., and Marutzky, R. (2010). Formaldehyde in the indoor environment. *Chemical Reviews*, 110(4): 2536.
- [5]. Nikrai, J., Kazemi Najafi, S., and Ebrahimi, Gh. (2010). A comparative study on creep behavior of wood flour-polypropylene composite, medium density fiberboard (MDF) and particleboard. *Journal of Polymer Science and Technology*, 22(5): 363-371.
- [6]. Dinwoodie, J., Higgins, J.-A., Paxton, B., and Robson, D. (1992). Creep in chipboard. *Wood Science and Technology*, 26(6): 429-448.
- [7]. Armstrong, L., and Grossman, P. (1972). The behaviour of particle board and hardboard beams during moisture cycling. *Wood Science and Technology*, 6(2): 128-137.
- [8]. Chow, P. (1970). The deflection of composite furniture panels under constant bending stress. *Forest Products Journal*, 20(12): 44-51.
- [9]. Chow, P. (1980). Static bending of red oak-veneered medium-density fiberboard furniture panels. *International Journal of Furniture*, 2(3): 25-26.
- [10]. Chow, P. (1982). Bending creep behavior of Acer saccharummarsh veneered medium-density fibreboard composite. *Wood Science and Technology*, 16(3): 203-213.
- [11]. Fernandez-Golfin, J.I., and Diez Barra, M. (1992). Long-term behavior of particleboard under variable humidity conditions. *Holzforschung und Holzverwertung*, 44(6): 106-110.
- [12]. Halligan, A., and Schniewind, A. (1972). Effect of moisture on physical and creep properties of particleboard. *Forest Products Journal*, 22(4): 41-48.
- [13]. Chow, P. (1979). Deflection in bending of birch-veneered wood-base composite shelving panels. *Forest Products Journal*, 29(12): 39-40.
- [14]. Zhou, J., Hu, C., Hu, S., Yun, H., Jiang, G., and Zhang, S. (2012). Effects of temperature on the bending performance of wood-based panels. *BioResources*, 7(3): 3597-3606.
- [15]. Ozarska, B., and Harris, G. (2007). Effect of cyclic humidity on creep behaviour of wood-based furniture panels. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 10(3):1-11.
- [16]. ASTM D 1037-99. (1999). *Standard test methods for evaluating properties of wood-based fiber and particle panel materials*. West Conshohoken, Pa. USA.
- [17]. ASTM D 6815-02a. (2002). *Standard specification for evaluation of duration of load and creep effects of wood and wood-based products*. West Conshohoken, Pa. USA.
- [18]. ISO 6602. (1985). *Determination of flexural creep by three-point loading*. Information Transfer and Management, pp.508.
- [19]. Bodig, J., and Jayne, B. (1982). *Mechanics of Wood and Wood composites*. Van Nostran-Reinhold Composites, New York.
- [20]. Ebewele, R.O. (2000). *Polymer Science and Technology*. Taylor & Francis Group, New York.

- [21]. Zhou, Y., Fushitani, M., and Kamdem, D.P. (2001). Bending creep behavior of medium density fiberboard and particleboard during cyclic moisture changes. *Wood and fiber Science*, 33(4):609-617.
- [22]. Pizzi, A. (1989). *Wood Adhesives: Chemistry and Technology*. Marcel Dekker Incorporated, New York.
- [23]. Wiglusz, R., Sitko, E., Nickel, G., Jarnuszkiewicz, I., and Igielska, B. (2002). The effect of temperature on the emission of formaldehyde and volatile organic compounds (VOCs) from laminate flooring—case study. *Building and Environment*, 37(1): 41-44.