

بررسی اثر بازیلیت بر روی مقاومت به آتش و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌فیبر سخت

- ♦ **ابراهیم حجتی مروست**؛ کارشناس ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ♦ **صدیقه دادای قندی**؛ کارشناس ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ♦ **علی اکبر عنایتی**؛ استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ♦ **کامبیز راشدی**؛ کارشناس ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

تخته‌فیبر از پرکاربردترین فرآورده‌های چوبی داخل ساختمان است. در این تحقیق، امکان استفاده از ماده شیمیایی بازیلیت (اسید بوریک) در دو غلظت ۳ درصد و ۵ درصد روی تخته‌فیبر سخت بررسی شد. خواص مقاومت به آتش شامل درصد کاهش جرم، توسعه ارتفاع شعله، و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که نمونه‌های تیمار شده با بازیلیت ۳ درصد، درصد کاهش جرم کمتری از نمونه‌های تیمار شده با بازیلیت ۵ درصد و شاهد داشتند. از نظر خواص فیزیکی و مکانیکی، نمونه‌های تیمار شده با بازیلیت ۳ درصد کم‌ترین مقدار جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت و بیشترین مقاومت خمشی را داشتند.

واژگان کلیدی: بازیلیت (اسید بوریک)، تخته‌فیبر سخت، روش خلأ، کندسوز کردن، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی.

مقدمه

حریق در ساختمان‌ها امری ناخواسته بوده که از یک جرقه یا شعله کبریت شروع می‌شود و گاهی یک شهر را به کام خود می‌کشد. آتش‌سوزی‌ها سالانه خسارات جانی و مالی فراوانی به بار می‌آورند. مقاومت ساختمان‌ها در برابر آتش یکسان نیست و به جنس مصالح و چگونگی ترکیب و رفتارشان در برابر آتش و نیز خود حریق بستگی دارد. چوب یک ماده جامد طبیعی است و مانند هر ماده بیولوژیک دیگر در معرض تخریب و نابودی قرار دارد. از تمهیدات مهمی، که برای کاربردی‌تر کردن چوب به‌عنوان ماده خام به‌کار می‌رود، حفاظت آن در برابر عوامل مخرب غیرزنده مثل آتش است. آتش در زمره مهم‌ترین عوامل مخرب فیزیکی چوب است و از ترکیب سریع اکسیژن با اجسام (اکسایش) در دمای خاص، که نقطه اشتعال یا آستانه شعله‌وری نامیده می‌شود، به‌وجود می‌آید. نقطه اشتعال پایین‌ترین دمایی است که ماده سوختنی وقتی تا آن درجه گرم شود، شروع به سوختن همراه با شعله می‌کند. یکی از روش‌های کندسوز کردن مواد آتش‌گیر نظیر چوب، کاهش تماس اکسیژن هوا با این مواد یا کند کردن انتقال حرارت و در نهایت، به تأخیر انداختن آستانه آتش‌گیری (شعله‌وری) آن‌هاست. روش کندسوز کردن به‌طور سطحی یا عمقی و با به‌کار بردن مواد شیمیایی مختلف ضد آتش در زمان ساخت تخته و با آغشته کردن الیاف یا مخلوط کردن با چسب انجام می‌پذیرد. هروقت اشباع کردن چوب به‌وسیله ماده‌ای به نام آلوم (به‌عنوان ماده کندسوزکننده) را توسط مصریان باستان گزارش کرده که مربوط به ۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح (ع) است و ژلیوس در ۸۷ سال قبل از میلاد، از قلعه‌ای چوبی نام می‌برد که دشمن محاصره کرده بود و به‌علت آغشته‌بودن آن به آلوم از آتش مصون می‌ماند. در سال ۱۸۲۱، گیلوساک تکه‌هایی از کف و الیاف کتان را با محلول‌هایی از آمونیوم فسفات و کلرید آمونیوم و بوراکس اشباع کرد. هنگامی که چوب با نمک‌های غیرآلی مانند اسید بوریک، دی‌آمونیوم

فسفات، و سولفات آمونیوم تیمار می‌شود، تجزیه چوب بر اثر حرارت، انتشار مواد فرار و احتراق‌پذیری مواد تشکیل‌دهنده آن تغییر می‌یابد. در این میان، ترکیبات بورون با مزیت‌هایی چون طیف گسترده اثرگذاری بر فعالیت قارچ‌ها و حشرات، سمیت کم برای پستانداران، و نداشتن رنگ و بو، با رسوب کردن در حفره سلولی و دیواره سلول چوب به‌عنوان ماده کندسوزکننده جایگاه ویژه‌ای دارد [۱].

کورت و منگلوگلو فرآورده چوب پلیمر کندسوز شده با استفاده از ترکیبات بورن (اسید بوریک، بوراکس، بورات روی، مخلوط بوراکس، و اسید بوریک) را در آمونیوم پلی‌فسفات بررسی و میزان سوختن، و خواص فیزیکی و مکانیکی آن را اندازه‌گیری کردند. نتایج نشان داد که کندسوز کردن، همه خواص مکانیکی به‌جز مقاومت به ضربه را کاهش داد. این کاهش برای نمونه‌های حاوی ترکیبات بورن در فرمولاسیون کندسوز کردن کمتر بود. جذب آب و واکنشیدگی ضخامت نمونه‌های تیمار شده بیشتر از نمونه‌های شاهد بود [۲].

استارک و همکاران اثر پنج نوع افزودنی کندسوزکننده را بر روی عملکرد در برابر آتش چندسازه‌های آرد چوب-پلی‌اتیلن بررسی کردند. به‌طور کلی، هیدروکسید منیزیم و آمونیوم پلی‌فسفات بیشترین بهبود، و بورات و برمین کمترین اثر را بر بهبود عملکرد نمونه‌های تیمار شده در برابر آتش داشتند [۳].

هاشم و همکاران تخته‌فیبر متوسط کندسوز شده و تیمار شده با رزین اوره فرمالدئید را بررسی کردند. مواد شیمیایی کندسوزکننده شامل آلومینات سدیم، بورات روی، و تری هیدرات آلومینیوم با چهار غلظت ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۳۰ درصد و رزین فرمالدئید ۱۵ درصد برای تخته‌فیبر متوسط ساخته شده از چوب کائوچو استفاده شد. خواص فیزیکی و مکانیکی نمونه‌ها پس از تولید اندازه‌گیری شد. خاصیت کندسوزکنندگی با روش کابینت و نیز شاخص زغال‌شوندگی، کاهش وزن، و اندازه ناحیه بیضوی سنجیده شد و آنالیز خواص گرمایی با روش تجزیه وزن‌سنجی حرارتی به‌دست آمد. خواص

قارچ و موریانه در نمونه های تخته فیبر متوسط تیمار شده با نمک هیدروکسی لآمین سدیم، بوراکس، اسید بوریک، و مخلوط نمک و بوراکس با غلظت های ۰/۱، ۰/۵، ۱، و ۳ پرداختند و گزارش کردند که نمونه های تیمار شده با مخلوط بوراکس و نمک هیدروکسی لآمین سدیم در مقایسه با بقیه جذب آب پایین، مدول الاستیسیته بیشتر، و دوام بالایی در برابر قارچ مولد پوسیدگی سفید و موریانه داشتند. همچنین با افزایش غلظت اسید بوریک جذب آب و واکنش پذیری ضخامت افزایش می یابد [۷].

کولاکولو و همکاران اثر اسید بوریک روی خواص مکانیکی تخته لایه تولید شده با روکش راش را بررسی و گزارش کردند که روکش تیمار شده به روش غوطه وری برای تولید تخته لایه ها باعث کاهش مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی، مقاومت فشاری عمود بر الیاف، افزایش مقاومت فشاری موازی الیاف، و سختی عمود بر سطح تخته شدند [۸].

هدف از این مطالعه بررسی تأثیر ماده شیمیایی بازلیت بر کندسوز کردن و برخی ویژگی های فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر سخت و تعیین شرایط مناسب این ماده برای کندسوز کردن این فرآورده بوده است.

روش شناسی

نمونه های تخته فیبر سخت ساخته شده در کارخانه فیبر ایران (حسن رود) با ابعاد ۵۰×۵۰ cm و ضخامت ۳ mm به طور تصادفی از خط تولید کارخانه تهیه و به آزمایشگاه منتقل شدند. این تخته ها طبق استاندارد DIN ۶۸۷۵۰ و JISA ۱۳۲۱-۱۹۹۴ به اندازه های مورد نیاز برای انجام آزمایش های آتش و ویژگی های فیزیکی و مکانیکی تبدیل شدند [۹]. سپس نمونه ها به مدت دو هفته در اتاق کلیما با دمای ۲۰°C و رطوبت نسبی ۶۵±۵ درصد نگهداری شدند تا به تعادل رطوبتی برسند.

ماده شیمیایی بازلیت B (اسید بوریک) در دو غلظت ۳ و ۵ درصد تهیه شد. ۹۰ نمونه به صورت

جذب آب، واکنش پذیری ضخامت، و مقاومت خمشی با افزایش غلظت ماده کندسوز کننده کاهش یافت. استحکام چسبندگی داخلی با افزایش غلظت ماده کندسوز کننده کاهش یافت. شاخص زغال شوندگی، اندازه بیضوی، و کاهش وزن با افزایش درصد ماده کندسوز کننده کاهش یافت. از نظر کاهش تخریب حرارتی آلومینات سدیم بیشترین تأثیر گذاری را داشت [۴].

آیرلمیس در تحقیقی اثر کندسوز کننده ها را بر استحکام پیوند داخلی (IB) و دوام باند پیوندهای فنلی پانل های تخته فیبر (تخته فیبر با دانسیته متوسط) بررسی کرد. بوراکس (BX)، اسید بوریک (BA)، مونو آمونیوم فسفات (MAP)، دی آمونیوم فسفات (DAP)، و اسید فسفریک (PA) بر روی فیبرهای ساخته شده از ۵۰ درصد چوب کاج^۱ و ۵۰ درصد چوب راش^۲ در سطح غلظت ۲، ۴، و ۶ درصد بر مبنای وزن خشک فیبر، اسپری شدند. استحکام و دوام پیوند تمام پانل های تیمار شده با افزایش ماده شیمیایی کاهش یافت. نمونه های تیمار شده با BX بهترین استحکام و دوام پیوند را در مقایسه با بقیه داشتند [۵].

بایسال و همکاران مقاومت در برابر آتش نمونه های دو گلاس فر^۳ تیمار شده با اسید بوریک و بوراکس و مواد استخراجی (پودر پوست درخت کاج، پودر برگ سماق، پودر بلوط، و پودر گردو) را بررسی کردند. آزمون آتش در سه مرحله انجام شد: مرحله شعله، مرحله بدون شعله، و مرحله اشتعال. نتایج نشان داد که پایین ترین دما برای مرحله شعله، مرحله بدون شعله و مرحله اشتعال برای نمونه تیمار شده با مخلوط اسید بوریک و بوراکس به دست آمده بود. کمترین درصد کاهش جرم مربوط به نمونه های مخلوط با اسید بوریک و بوراکس بوده است. مواد استخراجی در بهبود کندسوز کردن اثری نداشته است [۶].

آکبولوت و همکاران به بررسی خواص مکانیکی، جذب آب و واکنش پذیری ضخامت، و مقاومت در برابر

1. Pinus Nigra
2. Fagus Orientalis
3. Pseudotsuga Menziesii

تعیین و در نتیجه دانسیته خشک و واکنش‌دهی ضخامت و جذب آب نمونه‌ها محاسبه شد. برای اندازه‌گیری واکنش‌دهی ضخامت و جذب آب، نمونه‌ها در آب با دمای $20 \pm 1^\circ\text{C}$ و عمق ۲ cm از سطح آب با فاصله مناسب از هم، قرار داده شد. بعد از گذشت ۲ و ۲۴ ساعت مجدداً جرم و ضخامت نمونه‌ها با همان شرایط اندازه‌گیری شد.

۲. مقاومت به خمش

برای انجام این آزمایش از نمونه‌های به ابعاد 75×125 میلی‌متر استفاده شد. حداکثر نیروی مورد نیاز تا ایجاد گسیختگی به کمک ماشین آزمایش چوب نوع Wolpert-۶۷۰۰ اندازه‌گیری شد.

۳. مقاومت به کشش موازی سطح

برای این آزمون از نمونه‌های آماده‌شده طبق استاندارد ASTM ۱۰۳۷-۶۵T استفاده شد. برای تعیین نیروی گسیختگی، نمونه‌ها به‌طور جداگانه و به‌وسیله ماشین آزمایش با سرعت ۴ میلی‌متر در دقیقه تحت تأثیر نیروی کششی قرار گرفتند و مقاومت به کشش موازی با سطح محاسبه شد.

این بررسی در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد و نتایج ویژگی‌های اندازه‌گیری‌شده به‌وسیله نرم‌افزار SPSS به‌کمک تجزیه واریانس تحلیل و بررسی شد و گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن صورت گرفت.

نتایج و بحث

ویژگی‌های فیزیکی

دانسیته و رطوبت تخته‌ها

اندازه‌گیری‌های انجام‌شده از رطوبت و دانسیته نمونه‌ها نشان داد که مقدار درصد رطوبت نمونه‌ها بین $12.7-7.7$ درصد، و دانسیته خشک آن‌ها بین $0.98-0.92 \text{ g/cm}^3$ بوده است.

جذب آب

شکل ۱ نشان می‌دهد که نمونه‌های تیمار شده با بازیلیت

تصادفی انتخاب و در سه گروه ۳۰ تایی به‌عنوان شاهد و تیمار شده با بازیلیت با غلظت ۳ و ۵ درصد، دسته‌بندی شدند. برای آغستن نمونه‌ها به ماده شیمیایی، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در اتو با دمای 103 ± 2 درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شدند. برای اشباع نمونه‌ها از یک دستگاه دسیکاتور مجهز به امکانات ایجاد خلأ برای آغشته‌سازی نمونه‌های تخته‌فیبر استفاده شد. نمونه‌ها طبق استاندارد DIN ۵۲۱۶۰ در دسیکاتور با دمای اتاق به مدت ۱۵ دقیقه تحت خلأ به میزان 0.7 mbar قرار گرفتند. پس از اعمال خلأ حباب‌های ریز هوا روی سطح نمونه ایجاد و رها می‌شدند (نشانه خارج شدن هوا از نمونه‌ها و جایگزین شدن محلول شیمیایی). پس از برداشتن خلأ، نمونه‌های تیمار شده به‌همراه محلول به مدت ۱ ساعت در هوای محیط قرار داده شدند و بعد آن‌ها را خارج کردند و به‌صورت عمودی قرار داده شدند تا قطره‌های اضافی آن‌ها گرفته شد. نمونه‌های تیمار شده پس از توزین به‌منظور ثابت شدن وزن و رسیدن به رطوبت تعادل در اتاق کليمای نرمال (با دمای 20°C و رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد) قرار گرفتند.

نمونه‌ها با استفاده از دستگاه تست آتش ساخته‌شده طبق استاندارد BS ۴۷۶ Part ۱۲:۱۹۹۱ آزمایش شدند.

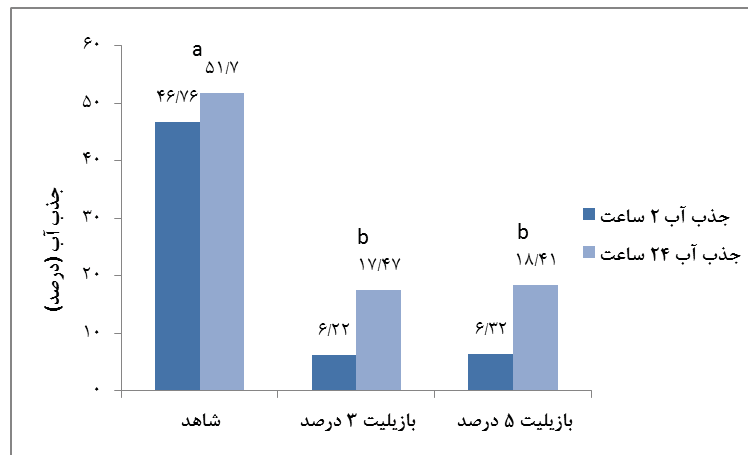
شاخص دوام در برابر آتش (کاهش جرم و توسعه ارتفاع شعله) طبق استاندارد JISA ۱۳۲۱-۱۹۹۴، و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی طبق استانداردهای ASTM ۱۰۳۷-۶۵T، DIN ۵۲۳۵۱، DIN ۵۲۳۵۰ و ASTM ۱۰۳۷-۶۴ اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها

۱. دانسیته خشک، واکنش‌دهی ضخامت، و جذب آب در این بررسی، برای تعیین دانسیته خشک از نمونه‌های 5×5 سانتی‌متر، و برای واکنش‌دهی ضخامت و جذب آب از نمونه‌های 25×25 میلی‌متر استفاده شد. جرم نمونه‌ها با ترازوی با دقت 0.01 گرم، و حجم و ضخامت آن‌ها با اندازه‌گیری ابعاد با کولیس به دقت 0.02 میلی‌متر

اثر معنی داری بر کاهش جذب آب نمونه‌ها نداشته است. همچنین، در گروه بندی دانکن نمونه‌های شاهد و نمونه‌های تیمار شده از نظر مقدار جذب آب در دو گروه قرار گرفتند.

در مقایسه با نمونه‌های شاهد به طور چشمگیری جذب آب کمتری داشتند. بر اساس تحلیل و بررسی آماری نتایج، تفاوت معنی داری در سطح یک درصد بین میانگین جذب آب نمونه‌های تیمار شده با نمونه‌های شاهد مشاهده شد. ضمن اینکه افزایش غلظت بازلیت

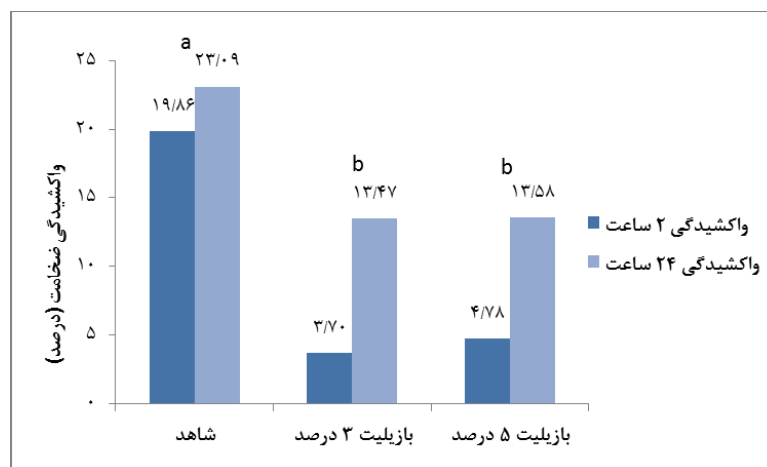


شکل ۱. مقایسه میانگین جذب آب نمونه‌ها

ضخامت نمونه‌های تیمار شده با نمونه‌های شاهد مشاهده شد. ضمن اینکه افزایش غلظت بازلیت اثر معنی داری بر کاهش واکشیدگی ضخامت نمونه‌ها نداشته است. همچنین در گروه بندی دانکن نمونه شاهد در یک گروه و نمونه‌های تیمار شده در گروه دیگر قرار گرفتند.

واکشیدگی ضخامت

شکل ۲ نشان می‌دهد که در نمونه‌های تیمار شده در مقایسه با نمونه‌های شاهد واکشیدگی ضخامت کمتر بوده است. بر اساس تحلیل و بررسی آماری نتایج، تفاوت معنی داری در سطح یک درصد بین میانگین واکشیدگی



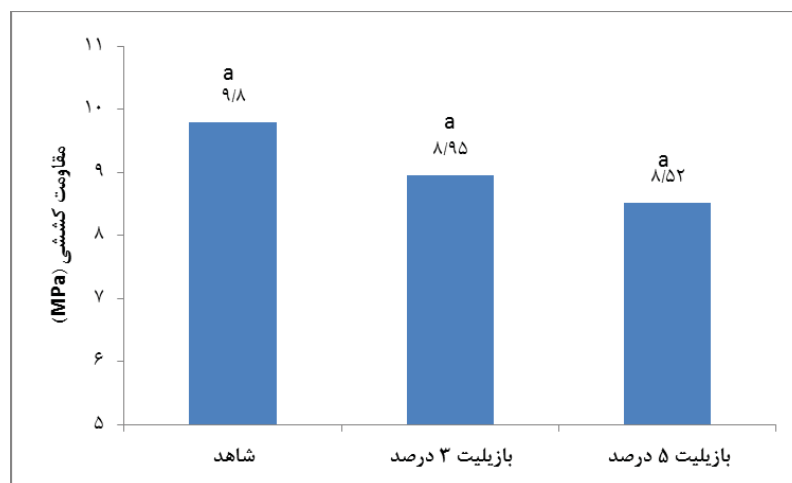
شکل ۲. مقایسه میانگین واکشیدگی ضخامت نمونه‌ها

ویژگی‌های مکانیکی

مقاومت و مدول الاستیسیته کششی

شکل ۳ نشان می‌دهد که میانگین مقاومت کششی در نمونه‌های تیمار شده کمتر از نمونه‌های شاهد است. بر اساس تحلیل و بررسی آماری نتایج به دست آمده از این ویژگی مشخص است که تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بین میانگین مقاومت کششی این نمونه‌ها وجود ندارد. همچنین در گروه‌بندی دانکن نمونه‌ها همه در یک گروه قرار گرفتند.

بنابراین، با افزایش غلظت بازلیت جذب آب و واکنشیدگی ضخامت افزایش می‌یابد [۷]. کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در این روش به این دلیل است که دیواره الیاف به علت غوطه‌ور شدن در آب واکنشیده شده و در نتیجه بازلیت در بین میکروفیبریل‌های بخش آمورف دیواره سلولی قرار گرفته و به دلیل قطبی بودن توانسته است با گروه‌های هیدروکسیل این منطقه واکنش دهد. ولی در روش‌های رایج، که بازلیت در چسب مخلوط می‌شود، به علت آزاد بودن گروه‌های قطبی بازلیت که جاذب رطوبت‌اند موجب افزایش جذب آب شده است.



شکل ۳. مقایسه میانگین مقاومت کششی نمونه‌ها

می‌یابد [۷].

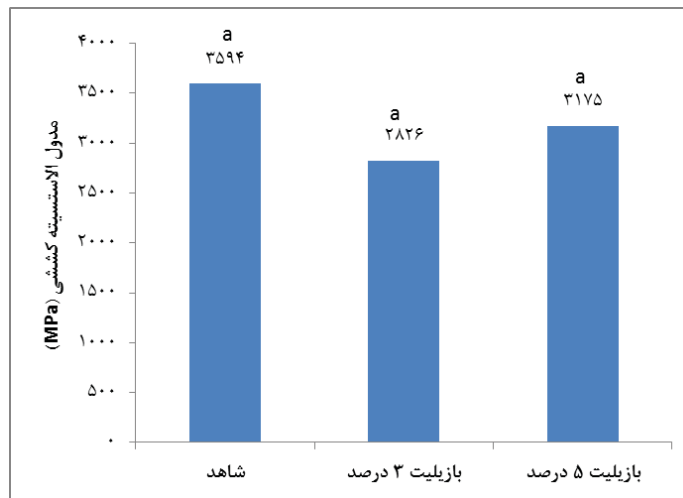
با توجه به نتایج آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین میانگین مقاومت خمشی نمونه‌های تیمار شده با بازلیت ۳ درصد با نمونه‌های شاهد مشاهده شد.

در این تحقیق بر خلاف تحقیق آکبولوت و همکاران، که از روش اشباع الیاف با ماده کندسوزکننده قبل از ساخت تخته‌ها استفاده کردند، مقاومت خمشی و خواص فیزیکی نمونه‌های تیمار شده با بازلیت به طور چشمگیری بهبود یافتند، که این می‌تواند ناشی از روش اشباع باشد.

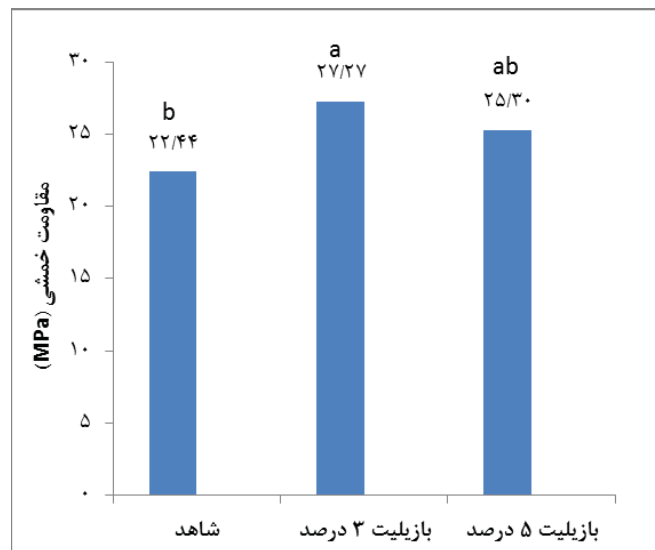
شکل ۴ نشان می‌دهد که میانگین مدول الاستیسیته کششی در نمونه‌های تیمار شده کمتر از نمونه‌های شاهد است، اما بین آن‌ها تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و در یک گروه قرار گرفتند.

مقاومت و مدول الاستیسیته خمشی

در شکل ۵، مقایسه میانگین مقاومت خمشی نمونه‌های تیمار شده و شاهد نشان می‌دهد که مقدار این ویژگی در نمونه‌های تیمار شده با بازلیت ۳ درصد بیشتر از نمونه‌های تیمار شده با بازلیت ۵ درصد و نمونه‌های شاهد است و با افزایش درصد ماده شیمیایی مقاومت نمونه‌های تیمار شده کاهش



شکل ۴. مقایسه میانگین مدول الاستیسیته کششی نمونه‌ها



شکل ۵. مقایسه میانگین مقاومت خمشی نمونه‌ها

در یک گروه، و نمونه‌های حاوی بازلیت ۵ درصد در گروه دیگر قرار گرفتند.

ویژگی‌های کندسوزکنندگی

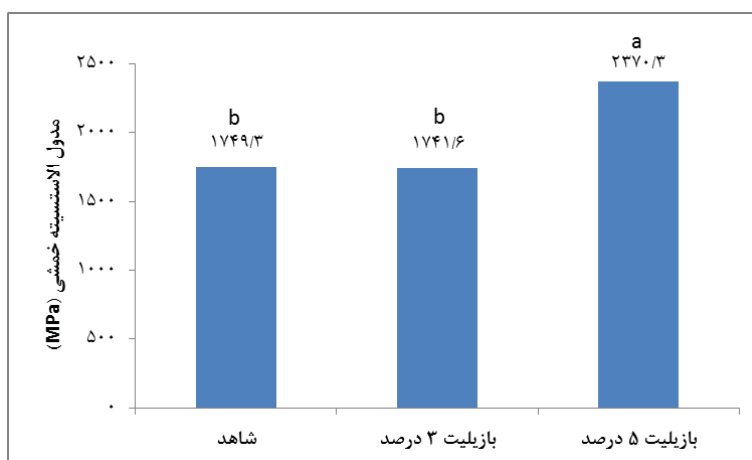
درصد کاهش وزن

شکل ۷ نشان می‌دهد که نمونه‌های شاهد در مقایسه

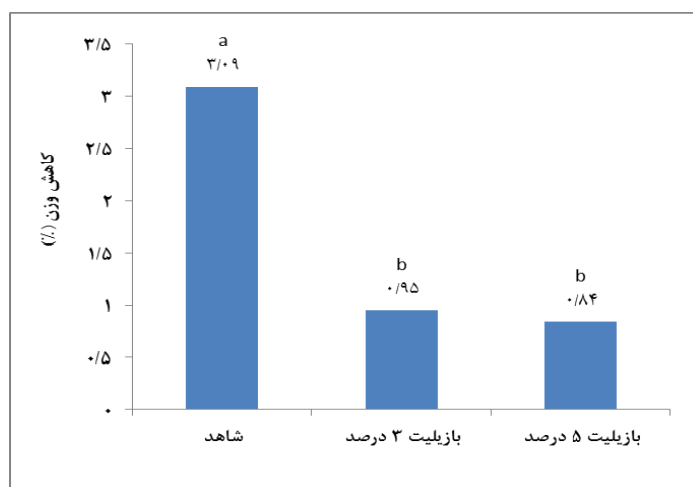
شکل ۶ نشان می‌دهد که میانگین مدول الاستیسیته خمشی در نمونه‌های تیمار شده با بازلیت ۵ درصد بیشتر از نمونه‌های تیمار شده با بازلیت ۳ درصد بوده است. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، بین میانگین مقاومت خمشی نمونه‌های تیمار شده با نمونه‌های شاهد تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد. ضمن اینکه نمونه‌های شاهد و حاوی بازلیت ۳ درصد

مشاهده شد. همچنین در گروه‌بندی دانکن نمونه‌های شاهد در یک گروه، و نمونه‌های تیمار شده با بازیلت در گروه دیگر قرار گرفتند. بنابراین، با افزایش درصد بازیلت مقدار درصد کاهش وزن نمونه‌های تیمار شده کاهش یافت [۴، ۶].

با نمونه‌های تیمار شده بیشترین درصد کاهش وزن را داشته‌اند. همچنین نمونه‌های تیمار شده با بازیلت ۵ درصد در مقایسه با نمونه‌های تیمار شده با بازیلت ۳ درصد، درصد کاهش وزن کمتری دارند. بر اساس نتایج تجزیه واریانس، تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد بین کاهش وزن نمونه‌های تیمار شده با نمونه‌های شاهد



شکل ۶. مقایسه میانگین مدول الاستیسیته خمشی نمونه‌ها

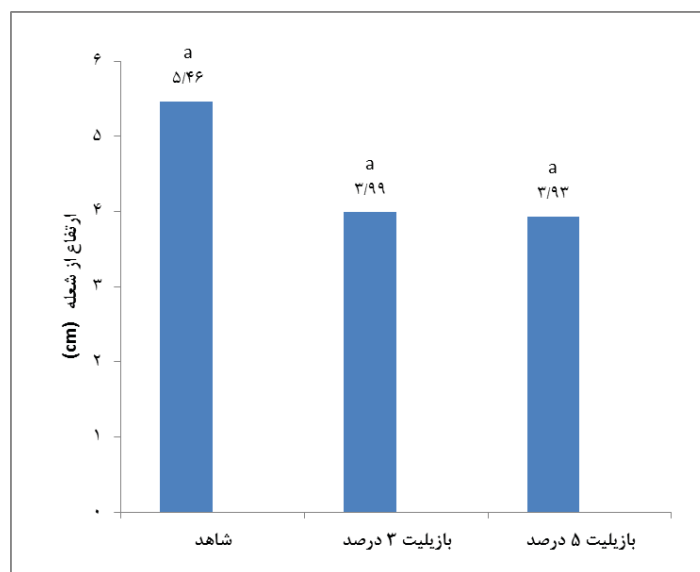


شکل ۷. مقایسه میانگین کاهش جرم نمونه‌ها

توسعه ارتفاع شعله

شکل ۸ نشان می‌دهد که میانگین ارتفاع شعله در نمونه‌های تیمارشده با بازلیت در مقایسه با نمونه‌های شاهد کمتر، و میانگین ارتفاع شعله در نمونه‌های تیمارشده با بازلیت ۵ درصد کمتر از نمونه‌های

تیمارشده با بازلیت ۳ درصد بوده است. با توجه به نتایج تجزیه واریانس، تفاوت معنی‌داری بین توسعه ارتفاع شعله نمونه‌های تیمارشده با نمونه‌های شاهد مشاهده نشد. همچنین در گروه‌بندی دانکن نمونه‌ها همه در یک گروه قرار گرفتند.



شکل ۸. مقایسه میانگین توسعه ارتفاع شعله در نمونه‌ها بعد از ۶۰ ثانیه

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصله می‌توان گفت که اشباع تخته‌فیبر سخت با ماده کندسوزکننده بازلیت سبب شد که نمونه‌های تیمارشده در مقایسه با نمونه‌های شاهد، مقاومت بیشتری در مقابل آتش از خود نشان دهند. همچنین سبب شد مقاومت خمشی آن‌ها در مقایسه با نمونه‌های شاهد افزایش و خواص فیزیکی آن‌ها بهبود

یابد. همچنین با توجه به اینکه در اکثر ویژگی‌های اندازه‌گیری شده اثر ماده شیمیایی بازلیت به‌خصوص با غلظت ۳ درصد در مقایسه با نمونه‌های شاهد معنی‌دار و باعث بهبود ویژگی‌های مختلف فیزیکی و مکانیکی و کندسوزی تخته‌فیبر شد، بنابراین، استفاده از بازلیت با غلظت ۳ درصد توصیه می‌شود تا از نظر اقتصادی نیز مقرون به‌صرفه باشد.

References

- [1]. Yalinkilic, M., Gezer, E., Takahashi, M., Demirci, Z., Ilhan, R., and Imamura, Y. (1999). Boron addition to non-or low-formaldehyde cross-linking reagents to enhance biological resistance and dimensional stability of wood. *Holz als Roh-und werkstoff*, 57(5): 351-357.
- [2]. Kurt, R., and Mengelolu, F. (2011). Utilization of boron compounds as synergists with ammonium polyphosphate for flame retardant wood-polymer composites. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35: 155-163.
- [3]. Stark, N.M., White, R.H., Mueller, S.A., and Osswald, T.A. (2010). Evaluation of various fire retardants for use in wood fiber-polyethylene composites. *Polymer Degradation and Stability*, 95(9): 1903-1910.
- [4]. Hashim, R., Sulaiman, O., Kumar, R., Tamyez, P., Murphy, R., and Ali, Z. (2009). Physical and mechanical properties of flame retardant urea formaldehyde medium density fiberboard. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(2): 635-640.
- [5]. Ayrimis, N. (2007). Effect of fire retardants on internal bond strength and bond durability of structural fiberboard. *Building and environment*, 42(3): 1200-1206.
- [6]. Baysal, E., Altinok, M., Colak, M., Kiyoka Ozaki, S., and Toker, H. (2007). Fire resistance of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) treated with borates and natural extractives. *Bioresource technology*, 98(5): 1101-1105.
- [7]. Akbulut, T., Kartal, S.N., and Green, F. (2004). Fiberboards treated with N-N-(1, 8-Naphthalyl) hydroxylamine (NHA-Na), borax, and boric acid. *Forest products journal*, 54(10): 59-64.
- [8]. Colakoglu, G., Colak, S., Aydin, I., Yildiz, U.C., and Yildiz, S. (2003). Effect of boric acid treatment on mechanical properties of laminated beech veneer lumber *Silva Fennica*, 37(4): 505-510.
- [9]. Association, J.S. (1994). *Testing Method for Incombustibility of Interior Finish Material and Procedure of Buildings*. Japanese Standards Association, 1321: 1994.